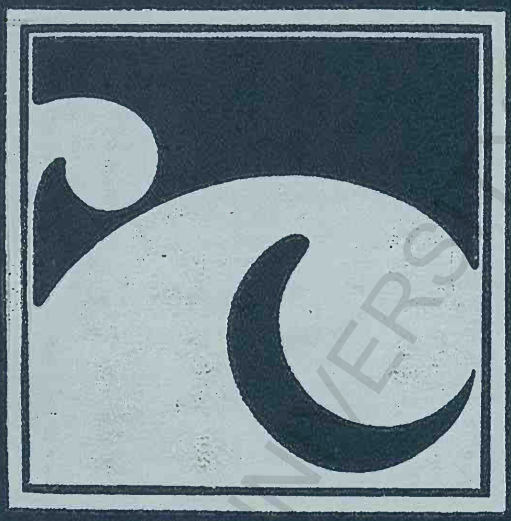


IV
14654

CUVÎNT ÎNAINTE

Inițiativa Editurii științifice și enciclopedice, precum și a geologului Dan Jipa, de a traduce în limba română lucrarea geofizicianului american David A. R o s s, *Introducere în oceanografie*, este binevenită întrucît cartea vine să completeze o lacună în bibliografia maritimă românească *.

Or, această carte, în ciuda titlului ei modest, completează informarea în acest domeniu al științei — aflat astăzi într-o fantastică dezvoltare — adusă la nivelul cercetărilor deceniului al șaptelea.

În carte sînt prezentate principalele probleme care preocupă lumea actuală, lume ale cărei speranțe pentru evoluția sa viitoare se îndreaptă tot mai încrezătoare spre Oceanul Planetar, acest element determinant în păstrarea echilibrului naturii și protecției mediului, sursă inepuizabilă de materii prime și de energie capabilă să întrețină o industrie tot mai dezvoltată, dar mai ales de hrană a populației viitoare a lumii în condițiile vertiginoasei dezvoltări demografice la care sîntem martori.

După scurte incursiuni în istoria Terrei, cu referință specială la cea a oceanelor, completate cu date privind originea vieții, este prezentată evoluția științei despre oceane și mări — completată, dealtfel, mai departe, cu istoricul fiecărei ramuri de cercetare oceanografică (chimie, biologie, fizică, geologie, geofizică). Autorul, distins cercetător al geologiei marine și chiar al structurii scoarței de sub Marea Neagră, explică apoi, cu competență, tehnicile de explorare și navele dotate cu echipament electronic de cercetare cu posibilități nelimitate, insistînd, cum este și firesc, asupra tehnicii scufundării directe a omului, contribuției sateliților artificiali în cercetarea oceanului, metodelor de sondaj modern (prin intermediul ultrasunetelor, fotografiei și televiziunii submarine etc.), precum și asupra aparaturii oarecum specifice cercetării oceanografice (aparate automate de luat probe cu telemetrizarea instantanee a datelor privind salini-

*În afara articolelor tratînd diverse probleme de oceanologie, publicate în revistele noastre de specialitate, a lucrării amiralului P. BĂRBUNEANUL *Mările și Oceanele lumii*, București, 1960 (o bună redare a cunoștințelor oceanografice pînă în deceniul cinci al secolului XX) sau a recentei cărți de *Limnologie și oceanologie* a acad. prof. E. A. PORA și L. OROS (Ed. Didactică, 1974), precum și în afara Atlaselor Oceanografice editate de C.S.A. și I.R.C.M., nu avem o tratare mai completă a problemelor oceanologiei actuale.

tatea, temperatura, curenţii, sărurile nutritive, planctonul etc., aparate de luat coloane de sediment — carotiere — metode seismice etc.).

Capitolul de *Oceanografie chimică*, începînd cu istoricul cunoaşterii chimismului mării şi variaţiei lui, continuă cu rezultatele expediţiei navei „Challenger" şi se încheie cu metodele analitice perfecţionate şi cu posibilitatea determinării rapide a reacţiilor chimice şi biochimice, a balanţei chimice oceanice, a interacţiunii dintre aceasta şi compoziţia biologică a oceanului, a izotopilor mării.

În lucrare, o pondere importantă este acordată problemelor de biologie marină. Pornind de la ideea că „nu sînt cunoscute toate speciile lumii oceanice, nici distribuţia lor" — pe care am completa-o cu afirmaţia că nici jumătate dintre vieţuitoarele Oceanului mondial nu sînt cunoscute, cum o arată clar toate probele aduse de expediţiile oceanice chiar din lungul platformelor continentale, ca să nu mai vorbim de abisuri — autorul face şi aici un istoric al cercetărilor de Oceanografie biologică: Ehrenberg-Forbes-Darwin. Sînt analizate apoi proprietăţile mediului biologic-oceanic în general, cu referiri amănunţite asupra mediilor bentale şi pelagiale. În clasificarea etajărilor, notele infrapaginale, binevenite, completează acest capitol cu sistemul Péréz, mai potrivit şi mai general folosit în cercetarea Oceanului mondial. Se arată baza calculului productivităţii biologice a oceanului şi factorii care o influenţează (lumina, temperatura, salinitatea etc.), încheindu-se cu relaţiile trofice dintre diversele nivele şi biotopi oceanici.

Oceanografia fizică, mai redus reprezentată, cuprinde referiri la cercetările actuale asupra relaţiilor reciproce dintre atmosferă şi ocean, dîndu-se o deosebită atenţie modelelor de circulaţie, originii valurilor, cauzelor variatelor proprietăţi ale apei marine, salinităţii şi temperaturii izbucurilor (*Upwelling*), mareelor, curenţilor de turbiditate, sedimentelor. Se fac referiri la posibilităţile de a prevedea şi obţine informaţii asupra unor fenomene ale oceanului şi asupra înlăturării efectelor negative ale acestora.

Al doilea capitol ca mărime al lucrării, de *Geologie şi geofizică marină* — sectorul cel mai nou dar şi mai plin de surprize al oceanografiei — este dedicat studiului genezei reliefului submarin, originii sedimentelor de pe fundul oceanic şi genezei structurii submarine.

Sînt tratate, zonal, fundul oceanic, etajele litorale — platforma continentală, povîrnișurile continentale, canioanele submarine. Este arătat rolul important al aparaturii moderne geofizice și acustice în obținerea cu adevărat revoluționarelor date asupra structurii scoarței suboceanice, dorsalelor oceanice, zonelor de fractură, munților submarini, jgheaburilor submarine.

Cu o privire asupra mărilor marginale și asupra sedimentelor marine (organice și anorganice, autigene, terigene), autorul încheie acest important capitol dînd schema actuală a structurii scoarței suboceanice, asociată cu ipoteza derivei continentelor, a expansiunii fundului oceanic și cu ipoteza mai nouă a tectonicii globale.

O privire generală asupra resurselor Oceanului mondial constituie obiectul ultimului capitol, în care autorul face referiri la resursele de materii prime, materii chimice dizolvate sau aflate în sedimente, de resurse de apă dulce, de energie, de farmacologie și mai ales de hrană. Insistă asupra perspectivelor acvaculturii, precum și asupra efectului dezastruos al poluării mediului marin și al distrugerii echilibrelor ecologice din ocean. În sfîrșit, este pusă și problema, discutată astăzi fierbinte în diverse foruri internaționale, pînă la nivelul O.N.U-ului, a jurisdicției economice și politice asupra mărilor. În încheiere, autorul face cîteva încercări timide, de anticipare a viitorului oceanografiei. Spunem timide, întrucît se limitează doar la cercetările americane, menționînd, măcar în treacăt, complexele planuri naționale de cercetări oceanografice planificate pentru viitorii cinci sau zece ani de alte state ca: U.R.S.S., Japonia, Canada, Franța, Anglia și R.F.G., ca să nu pomenim decît aceste țări și nici importantele colaborări internaționale în acest domeniu, începînd cu studierea în comun a Oceanului Indian organizată de Comisia oceanografică interguvernamentală (C.O.I.), patronată de O.N.U., cercetarea sectoarelor de nord și de est ale Oceanului Atlantic etc. și sfîrșind cu Comisia internațională pentru explorarea științifică a Mării Mediterane (C.I.E.S.M.M.) cu sediul la Monaco.

Tot în această ordine de idei menționăm ca o lipsă a lucrării numărul infim de exemplificări din cercetarea oceanografică mondială, autorul omițînd să arate contribuțiile puternicelor centre europene de la Napoli, Sevastopol, Monaco, Roscoff, Kiel, Murmansk, precum și explorările

efectuate de navele de cercetare aparținînd altor state cu tradiție în acest domeniu, în afara celor ale S.U.A.

Notele infrapaginale ale ediției în limba română reușesc, întrucîtva, să aducă lucrării unele completări și actualizări.

Aceasta, cu atît mai mult cu cît, deși la zi în 1970, însuși autorul recunoaște evoluția rapidă a cunoștințelor despre ocean și posibilitatea perimării unor teorii sau probleme, ca de pildă expansiunile fundului oceanic, ipoteză timidă acum cîțiva ani și verificată pe deplin azi.

Un mic glosar de termeni, un indice și o valoroasă bibliografie alcătuită, din păcate, aproape în exclusivitate, din lucrări americane, vin să completeze bogata informare științifică a acestei cărți.

Așa cum am arătat la început, ediția în limba română a lucrării constituie un adaos valoros la bibliografia științifică românească și un îndreptar util pentru cei ce se preocupă, direct sau indirect, de studiul mărilor și oceanelor.

București, 12.VI.1975

MIHAI BĂCESCU
Membru corespondent al Academiei
Republicii Socialiste România

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

PREFAȚĂ

În această carte am încercat să prezint oceanografia, într-un mod accesibil, unui public larg. Am căutat să evit tendința obișnuită de a face ca această știință să apară mai fascinantă decît este în realitate. Submersibilele, comorile submarine și animalele misterioase, oricît ar fi de captivante, nu formează obiectul unor referiri prea ample. Oceanografia reprezintă, de fapt, aplicarea tuturor științelor la studiul oceanului, context în care am încercat să relev rolul diferitelor discipline științifice, evidențiind legăturile care există între ele în studiul mediului marin. Am avut în vedere, de asemenea, utilizările tehnologiei și aparaturii specifice și am schițat dezvoltarea istorică a oceanografiei. Pentru că astăzi nimeni nu mai poate ignora potențialul economic al oceanului sau pericolele poluării mărilor, ambelor aspecte le-am acordat spațiul cuvenit.

Cursul de *Introducere în oceanografie*, pe care l-am ținut la colegiul unei comunități din apropiere, mi-a oferit prilejul să constat cu surpriză lipsa unor lucrări pe profil, astfel că necesitatea unei lucrări de informare în domeniul oceanografiei m-a determinat să scriu această carte.

Pe parcursul elaborării ei am beneficiat de sprijinul multor persoane competente, de ajutorul colegilor mei de la Institutul Oceanografic din Woods Hole: Richard T. Barber, Egon T. Degens, Kenneth O. Emery, Howard L. Sanders și Bruce A. Warren, care au citit diferite capitole ale acestei lucrări, făcînd pe marginea lor comentarii și observații critice extrem de utile.

Dintre cei care mi-au oferit cu generozitate din timpul și ideile lor, amintesc în special pe Melbourne R. Carriker, Louis A. Hobson, Robert H. Meade, John S. Schlee, Susan Schlee, Mary Sears, John M. Teal și Elazar Uchupi. Numeroase persoane mi-au procurat material grafic și faptic, printre care: William M. Dunkle Jr., Charles D. Hollister, Ned Hooper, Charles S. Innis, Frank Medeiros, John D. Milliman, Peter J. Oldham, Johanna Reinhardt, John L. Schilling și Donald P. Souza. Tuturor le mulțumesc.

Cu permisiunea mai multor autori am utilizat materialul lor, publicat sau nepublicat, menționînd la locul cuvenit, în text, această contribuție.

Betty Frank, Heide Frantz, Louise Langley, Susan Jonas și Anne Collins m-au ajutat la pregătirea manuscrisului. Peter Fenner de la Institutul Geologic American și Joseph Ewing de la Appleton-Century-Crofts au avut ingrata sarcină de a citi numeroasele șpalturi ale acestei cărți. Apreciez foarte mult răbdarea cu care au lucrat și spiritul lor critic. În sfîrșit, aș dori să mulțumesc aici soției mele, Edith, care m-a încurajat cînd am avut nevoie de încurajare, care m-a ajutat cînd am avut nevoie de ajutor și care m-a lăsat singur cînd am avut nevoie de singurătate.

Woods Hole, Massachusetts

D.A.R.

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

1 Introducere

CE ESTE OCEANOGRAFIA?

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

CE ESTE OCEANOGRAFIA?

Ce este oceanografia? Ce este această nouă știință atît de importantă pentru întreaga omenire? Pot fi formulate multe definiții și una dintre cele mai simple ar fi: *aplicarea tuturor științelor la studierea fenomenelor legate de oceane.* Cuvîntul cheie în această definiție este „tuturor", deoarece pentru a fi un bun oceanograf trebuie să ai cunoștințe din multe domenii ale științei. Pentru a prezenta mai clar acest punct de vedere, citez definiția dată de unul dintre pionierii oceanografiei — Henry Bryant Bigelow.[1]

„OCEANOGRAFIA a fost definită ca studiul lumii acoperite de apele mării; ar trebui inclusă aici și zona de contact dintre suprafața acoperită de ape și atmosferă. Conform accepțiunii de astăzi, oceanografia cercetează caracterele fundului bazinului oceanic și ale limitelor mării, ale apei de mare și ale organismelor care o populează. Combinînd în mod larg geofizica, geochimia și biologia, oceanografia este cuprinzătoare, ceea ce caracterizează orice știință «nouă», iar aceasta se află în perioada sa de tinerețe. Dar în acest caz nu atît lipsa de maturitate reprezintă rațiunea grupării acestor cîteva ramuri ale științei ci, mai curînd, faptul că fizica, chimia și biologia apei marine nu sînt importante numai *per se*, în multe dintre problemele de bază ale mării participînd toate aceste trei discipline. Și cum progresele cunoștințelor noastre despre mare fac ca această interdependență să fie din ce în ce mai evidentă, este probabil că nu va fi curînd abandonată concepția despre oceanografie ca o știință-mamă, ale cărei ramuri, deși sînt cercetate de diferite discipline, sînt prea strîns îngemănate pentru a fi rupte. Prin urmare, orice biooceanograf ar trebui să posede cunoștințe de geofizică și geochimie, iar cei pe care îi interesează oceanografia chimică și fizică ar trebui să cunoască unele aspecte ale biologiei marine."

Această definiție, prezentată pentru prima dată în anul 1929, este actuală și astăzi.[2] De aici rezultă că oceanografia nu reprezintă o știință unică ci mai curînd o combinație

[1] BIGELOW, H.B., *Oceanography: Its Scope, Problems and Economic Importance*, Boston, Houghton Mifflin Co., 1931.

[2] Unii cercetători definesc *oceanografia* ca fiind studiul fizic al mediilor oceanice, în special sub aspectul genezei și dinamicii maselor de apă, în timp ce *oceanologia* reprezintă ansamblul științelor naturii, al mediilor oceanice și cunoștințelor fizico-chimice necesare în studiul fenomenelor biologice și geologice. Alți autori consideră *oceanografia* ca o știință fundamentală, iar *oceanologia* ca una aplicativă. În realitate, utilizarea termenului de *oceanologie* este rezultatul evoluției științelor despre

de diferite științe. În mod obișnuit, oceanografia este divizată în patru părți importante:

1) oceanografia chimică;
2) oceanografia biologică;
3) oceanografia fizică și
4) geologia și geofizica marină.

Oceanograful chimist se ocupă de reacțiile chimice care au loc atît în ocean, cît și pe fundul mării. Oceanograful biolog cercetează apariția și distribuția vieții în ocean. Domeniul oceanografului fizician cuprinde reacțiile fizice, cum sînt modificările și deplasarea apei marine. Geologul marin, sau oceanograful geolog, studiază sedimentele și topografia fundului oceanului. Structura mai profundă a fundului oceanic și proprietățile sale fizice reprezintă preocuparea geofizicianului marin. Deși din cele de mai sus disciplinele oceanografice par să se delimiteze net, în practică este cu totul altfel. De exemplu, un geolog marin, luînd o probă de pe fundul zonei ecuatoriale a Pacificului, va obține un sediment constituit în special din cochilii de microorganisme moarte; astfel, el are de-a face cu un depozit biologic. Aceste organisme nu au trăit pe fundul oceanului, ci în apele de suprafață, la peste 2 mile deasupra fundului. Dacă probele ar fi fost luate la nord sau la sud de ecuator, numărul de cochilii ar fi scăzut considerabil. Aceasta se datorează faptului că la ecuator există o condiție fizico-geografică unică, unde combinația optimă de curenți și vînturi menține apa agitată și omogenizată. Pe de altă parte, omogenizarea influențează chimismul apei, iar substanțele nutritive necesare ciclului vital al organismelor sînt aduse în apele de suprafață unde pot fi utilizate. Prin urmare, depozitele de pe fundul mării sînt strîns influențate de chimia, fizica și biologia apelor de deasupra.

Acest exemplu ar putea sugera că diferitele împărțiri ale oceanografiei sînt probabil artificiale și deloc necesare; căci, așa cum spunea Bigelow, un oceanograf ar trebui să cunoască bine toate aceste domenii. Dar oceanografia s-a impus atît de rapid încît este aproape imposibil ca un cerce-

oceane și după cum la început științele naturale au fost pur descriptive, tot așa *oceanografia* a debutat ca o știință descriptivă. În prezent, *oceanografia* a devenit o știință din ce în ce mai complexă, experimentală, sintetică, orientată spre rezolvarea unor probleme stringente ale omenirii și în mod firesc a căpătat termenul mai general de *oceanologie*. — *D.M*

tător științific să fie expert în toate problemele sale. În consecință, cei mai mulți oceanografi se specializează într-unul sau două domenii dintre cele enumerate mai sus. În cuprinsul acestei cărți am tratat fiecare ramură a oceanografiei în capitole separate. Dar cititorul va trebui să-și amintească întotdeauna că aceste domenii nu sînt rigide și că diferitele lor aspecte sînt strîns înrudite.

Acum, după ce am prezentat o definiție a oceanografiei, putem aborda unele probleme generale ale ei. O primă întrebare este, de ce se studiază această știință? Se știe că oceanul este o ambianță, ostilă omului, care nu își dezvăluie tainele cu ușurință. Dar, chiar aceste taine atît de ascunse, acest farmec și romantism al mării, au atras atenția multora spre oceanografie. La fel de interesant este și faptul că apa acoperă aproximativ 72% din suprafața globului terestru. Omul a fost întotdeauna interesat de mediul său înconjurător, iar adîncimile oceanului nu fac excepție. Descoperirile unor oameni ca Beebe și Cousteau, care au explorat aceste adîncimi, au fascinat multă lume.

Pentru cercetătorul științific experimentat oceanul poate să răspundă unor importante întrebări și probleme ale omului. Sedimentele de pe fundul oceanic au înregistrat istoria geologică, după cum fosilele redau istoria biologică a Pămîntului. Fără îndoială că pe planeta noastră viața a apărut în ocean acum cîteva miliarde de ani, iar de atunci evoluția a produs vaste cantități și forme variate de viață care populează mediul marin actual. De multe secole această abundență de viață a reprezentat o importantă sursă de hrană pentru om și promite să rezolve unele probleme actuale ale hranei. Produse biologice ale mării, ca perlele sau cochiliile organismelor moarte, au diferite întrebuințări: de exemplu, cochiliile sînt folosite ca valoroase materiale de construcție. Oceanul dispune, de asemenea, de importante resurse chimice cu valoare economică, printre care: iodul, bromul, potasiul, magneziul, manganul și alte elemente. Desalinizarea apei marine asigură regiunilor aride de pe glob cantități din ce în ce mai importante de apă potabilă. Acumulările minerale de pe fundul mării, ca fosforul, oxizii de magneziu, nisipul și pietrișul reprezintă resurse valoroase care vor putea fi exploatate mai intens în viitor. Acumulările de petrol și gaze din depozitele submarine constituie de pe acum importante resurse naturale. Oceanul joacă, totodată, un rol

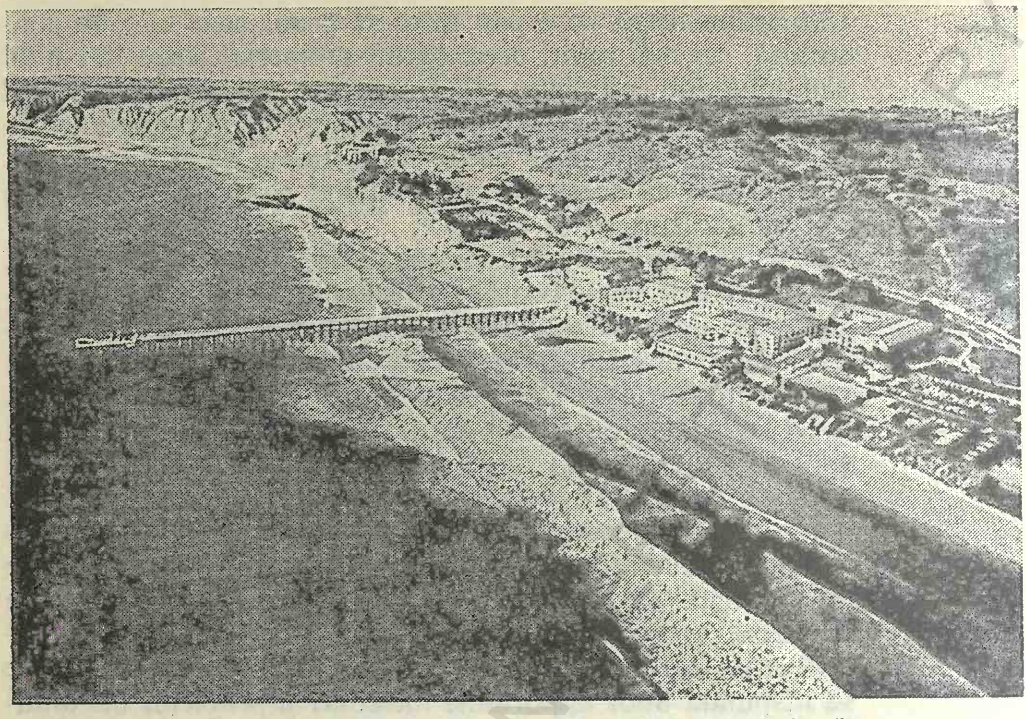


Fig. 1.1 Institutul Oceanografic Scripps, din La Jolla, California (în prim plan). În ultimul plan, în stînga, este secția din San Diego a Universității din California (Fotografie pusă la dispoziție de Institutul Oceanografic Scripps).

important, dar nu încă pe deplin înțeles, care influențează aspectele meteorologice și climatice ale Pămîntului.

Oceanul este folosit în tranzacțiile comerciale, în transportul maritim și ca domeniu de desfășurare a unor operațiuni strategice. Este străbătut de numeroase nave care asigură circuitul comerțului mondial, iar pe fund este traversat de cabluri ce fac legătura între rețelele de comunicație ale diferitelor țări ale lumii. Pentru o bună parte a istoriei omenirii mările au reprezentat cîmpul de luptă al multor bătălii navale, iar astăzi, multe dintre cercetările oceanice sînt, în parte, de ordin strategic. În sfîrșit, oceanul este important ca mijloc de recreere: pescuitul, canotajul, schiul pe apă, scufundările submarine, ca și înotul, atrag în fiecare an tot mai mulți iubitori ai acestor sporturi. Toate acestea scot în evidență una dintre cele mai importante probleme care se ridică

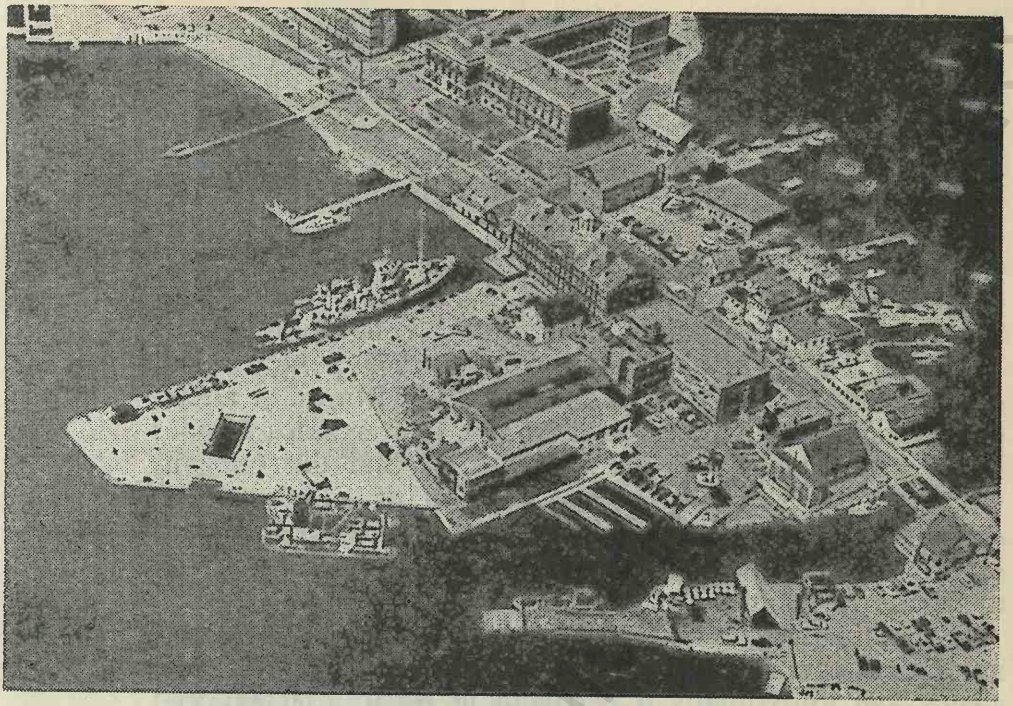


Fig. 1.2 Institutul Oceanografic din Woods Hole (în centrul fotografiei). În partea de sus a figurii se vede o parte din Laboratorul de biologie marină. De asemenea, în figură apar nava de cercetări „Atlantis II" și catamaranul „Lulu" care suportă submersibilul „Alvin" (Fotografie pusă la dispoziție de Institutul Oceanografic din Woods Hole).

în fața omului — poluarea. Nu putem decît să sperăm că vom putea controla și preveni poluarea înainte ca aceste activități să devină de domeniul trecutului.

Oceanograful de astăzi pătrunde în acest domeniu pe una din aceste două căi: prin studii speciale de oceanografie sau dintr-un domeniu științific asociat. Întrucît oceanografia este predată de obicei în anii superiori de studiu universitar, cel ce aspiră să devină oceanograf trebuie să studieze temeinic științele de bază și apoi, treptat, să se specializeze într-unul din domeniile oceanografiei. Cei care s-au specializat într-o știință de bază și ulterior au aplicat aceste cunoștințe la studiul oceanului, au devenit foarte buni oceanografi.

Există multe universități și institute de cercetări în cadrul cărora se predau cursuri pentru viitorii oceanografi. Institutul Oceanografic Scripps, Institutul Oceanografic

Woods Hole și Observatorul Geologic Lamont-Doherty reprezintă cele mai mari instituții de acest fel. Institutul Oceanografic Scripps (fig. 1.1) din La Jolla, California, s-a afiliat la Universitatea din California (San Diego) în anul 1912. De atunci s-a dezvoltat, devenind cel mai mare institut oceanografic din Statele Unite. Institutul Oceanografic Woods Hole (fig. 1.2), din Woods Hole, Massachusetts, a fost creat în 1930 ca o instituție particulară de cercetări. De curînd acest institut a inițiat un program de studii pentru acordarea titlului de doctor. Institutul Lamont-Doherty, din Palisades, New York, a fost fondat în 1949 și face parte din Universitatea Columbia. Aceste mari instituții și altele ca cele asociate cu Universitatea Miami, Universitatea Rhode Island, Texas A și M, Universitatea de Stat din Oregon și Universitatea Washington pun accentul, de obicei, pe cercetări marine de adîncime. În instituții mai mici, cercetarea este îndreptată mai ales către probleme mai locale, în zone apropiate de țărm.

S-a estimat că în Statele Unite numai 1000 de persoane ar putea fi considerate cercetători științifici marini cu experiență, sau aproximativ o persoană la fiecare 200 000. Aceasta reprezintă o proporție foarte redusă, mai ales dacă se consideră că cea mai mare parte a suprafeței pămîntului este acoperită de apă.

De obicei, oceanografii specializați într-una din științele asociate lucrează mai întîi ca asistenți de laborator sau de cercetare. Cercetătorii științifici cu studii superioare sau cu practică îndelungată pot ocupa funcții în învățămînt sau în cercetare. Indiferent de specializare, cei mai mulți cercetători științifici își petrec o bună parte din timp pe mare, uneori în condiții nefavorabile, pentru colectarea de date. În general, croazierele oceanografice durează de la cîteva zile la cîteva luni.

În Statele Unite, oceanografii lucrează în universități și laboratoare de cercetări sau în instituții ale Guvernului Federal. Guvernul S.U.A. posedă numeroase instituții angajate în lucrări oceanografice: Biroul de pescuit comercial, Oficiul oceanografic naval, Administrația centrelor științifice de studiu al mediului înconjurător și Serviciul de cercetări geologice al S.U.A., ca să numim doar cîteva dintre aceste instituții. Perspectivele de viitor ale cercetătorilor în domeniul oceanografiei sînt promițătoare. Bugetul S.U.A. a alocat

pentru cercetările oceanografice din 1975 peste 15 miliarde de dolari. De asemenea, avîndu-se în vedere importanța crescîndă a studiilor de oceanografie, s-au stabilit cîteva programe de cercetare pe termen lung — cum este Deceniul oceanografic internațional care a început în anul 1970 —, precum și planuri pentru dezvoltarea flotei de cercetări oceanografice.

Înainte de a trece, în capitolele următoare, la problemele referitoare la originea oceanului, istoria oceanografiei și aparatura oceanografică, voi prezenta unii termeni și cîteva date statistice utilizate în mod obișnuit în oceanografie.

Termeni și date statistice

Prezentînd diverse caractere ale ambianței marine, oceanografii utilizează un amestec confuz de mai multe tipuri de unități de măsură. În oceanografie, sistemul metric adoptat de majoritatea cercetătorilor și care se bazează pe multiplii de zece este utilizat numai rareori. Cea mai mică unitate de care ne vom ocupa este micronul (μ); 1000 microni reprezintă 1 milimetru (mm), 10 milimetri reprezintă 1 centimetru (cm), 100 centimetri reprezintă 1 metru (m) și 1000 metri reprezintă 1 kilometru (km). Un kilometru este egal cu aproximativ 0,6 mile (tabelele 1.1 și 1.2).

TABELUL 1.1 ECHIVALENȚE ÎNTRE SISTEMELE METRIC ȘI ENGLEZ

	Metric			Englez		
	centimetri	metri	kilometri	inci (in)	picioare (ft)	mile
cm	1	1/100	1/100 000	0,3937	—	—
m	100	1	1/1000	39,37	3,28	—
km	100 000	1000	1	—	3280	0,624
in	2,54	—	—	1	1/12	—
ft	30,48	0,3048	—	12	1	1/5280
milă	—	1609	1,609	—	5280	1

1 kilometru patrat = 0,386 mile patrate
1 kilometru cubic = 0,238 mile cubice

grame	kilograme	uncii	pfunzi (livre)
1	1/1000	0,035	—
1000	1	—	2,20
28,35	—	1	1/16
453,54	0,453	16	1

TABELUL 1.2 TRANSFORMAREA DIFERITELOR UNITĂȚI UTILIZATE ÎN OCEANOGRAFIE

Pentru a transforma	în	se înmulțește cu
centimetri	inci	0,3937
metri	picioare	3,28
metri	centimetri	100,0
metri	fathomi	0,546
kilometri	mile	0,624
kilometri	metri	1000,0
grame	uncii (avdp)	0,035
kilograme	pfunzi (livre)	2,2
grade C	grade F	(°C×9/5)+ 32

Adîncimea este măsurată în fathomi sau în metri. Un fathom are 6 picioare (ft) sau aproximativ lungimea unei sfori pe care o poate ține un om cu brațele larg deschise. O sută de fathomi corespund adîncimii de 183 metri.

Viteza este măsurată de obicei în noduri; un nod reprezintă o milă nautică (6000 picioare) pe oră. Echivalentul metric al unui nod este aproximativ 50 centimetri pe secundă.

Temperatura se măsoară în grade centigrade (C); 0°C corespund la 32° Fahrenheit (F) (punctul de îngheț al apei), 20°C corespund la 68°F (temperatura camerei) și 100°C corespund la 212°F (punctul de fierbere al apei).

H. W. Menard și S. M. Smith (tabelul 1.3) au calculat recent suprafața și volumul mediu ale diferitelor părți ale oceanului. Volumul total al oceanului este de aproximativ 1350×10^6 (1350 milioane) kilometri cubi (km^3) sau aproximativ 318×10^6 mile cubice.

Adîncimea medie a oceanului este de 3729 metri, ceea ce reprezintă 2036 fathomi, 12 216 picioare sau 2,3 mile.

TABELUL 1.3 SUPRAFAȚA ȘI ADÎNCIMEA MEDIE A MĂRII (DUPĂ MENARD ȘI SMITH, 1966)

Oceanul și mările adiacente	Suprafața (10^6 km^2)	Volumul (10^6 km^3)	Adîncimea medie (m)
Pacific	181 344	714 410	3940
Atlantic	94 314	337 210	3575
Indian	74 118	284 608	3840
Arctic	12 257	13 702	1117
Totaluri și adîncime medie	362 033	1 349 929	3729

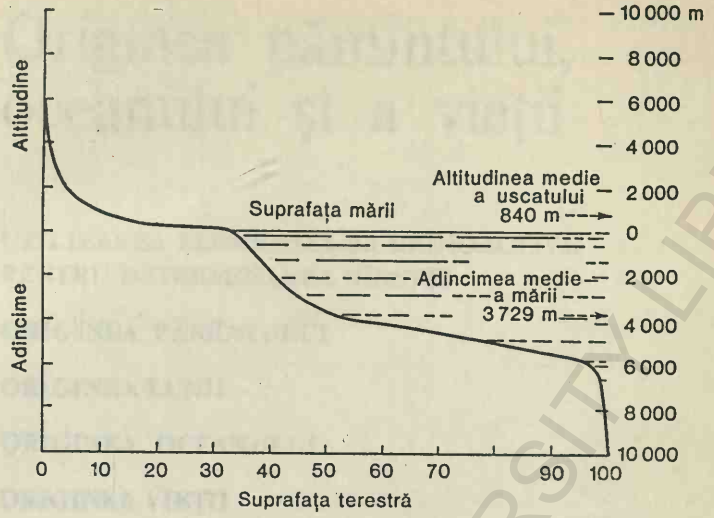


Fig. 1.3 Curbă hipsografică ce evidențiază suprafața terestră (în procente) situată deasupra unei altitudini sau adîncimi date.

Figura 1.3 ilustrează distribuția reliefului terestru. Acest tip de reprezentare poartă numele de curbă hipsografică sau hipsometrică și ea arată cît anume din suprafața terestră este situată deasupra unei altitudini sau adîncimi date. Din analiza elementelor ce le oferă această figură se desprind două concluzii importante și anume: 1) altitudinea de aproximativ 100 de metri și adîncimea de aproximativ 5000 de metri reprezintă valorile dominante; 2) între aceste două nivele apare o zonă intermediară care prezintă o pantă accentuată.

Cele două valori menționate indică cu suficientă claritate două domenii diferite ale crustei terestre: fundul mării, și uscatul terestru situat la sau deasupra nivelului mării. Dacă ne-am imagina bazinul Oceanului Planetar fără apă, cele două domenii ar apărea cu și mai multă pregnanță. Zona intermediară, abruptă — panta continentală — corespunde regiunii de tranziție dintre regiunile continentală și oceanică.

După cum știm, cea mai mare parte a Terrei, adică aproximativ 72%, este acoperită de apă, astfel încît se naște în mod firesc întrebarea, dacă n-ar fi trebuit ca planeta noastră să se numească „apă"?

2 Originea pământului, oceanului și a vieții

UTILIZAREA ELEMENTELOR RADIOACTIVE PENTRU DETERMINAREA VÎRSTEI

ORIGINEA PĂMÎNTULUI

ORIGINEA LUNII

ORIGINEA OCEANULUI

ORIGINEA VIEȚII

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Datele referitoare la originea Pămîntului indică, în general, că acesta s-a format acum 4,5 sau 5 miliarde de ani. Întrucît aceste cifre se bazează mai ales pe abundența și distribuția elementelor radioactive, înainte de a discuta originea și evoluția Pămîntului și oceanelor este necesară o scurtă privire asupra utilizării acestor elemente pentru determinarea vîrstei.

UTILIZAREA ELEMENTELOR RADIOACTIVE PENTRU DETERMINAREA VÎRSTEI

Atomii elementelor pot să apară sub mai multe forme, numite *izotopi*, care se deosebesc de formele normale numai în privința greutății lor atomice, în celelalte privințe avînd proprietăți chimice similare formelor comune ale elementului. Întrucît diferențele mici de greutate atomică se manifestă prin variația punctului de fierbere, a punctului de îngheț și a vitezei de difuziune, acestea pot fi utilizate pentru studierea unor procese oceanografice. Unii izotopi sînt radioactivi și prin dezintegrare își modifică structura atomică transformîndu-se într-un izotop sau element diferit. De exemplu, carbonul apare sub trei forme: carbon-12, carbon-13 și carbon-14, numerele indicînd diferitele greutăți atomice ale elementului. Din punct de vedere chimic, aceste trei forme sînt similare; totuși, carbonul-14 (C^{14}) este radioactiv și se dezintegrează în azot-14. Izotopul radioactiv original este cunoscut ca nuclid generator, iar forma sau formele rezultante (care se vor transforma, de asemenea, dacă sînt radioactive) sînt denumite nuclide derivate. Viteza cu care se dezintegrează izotopul radioactiv sau **timpul de înjumătățire**[1] al elementului generator este constantă pentru fiecare izotop (tabelul 2.1). Timpul de înjumătățire arată în cît timp jumătate din cantitatea originală de material radioactiv se transformă în alt izotop. De exemplu, dacă într-o rocă raportul potasiu-40/argon-40 este 1, vîrsta rocii este de 1,3 miliarde de ani, căci această cifră reprezintă timpul de înjumătățire al potasiului-40 sau perioada în care se dezintegrează jumătate din cantitatea originală de potasiu-40. Dacă raportul

[1] Termenii culeși cu litere aldine sînt definiți în glosarul de termeni oceanografici.

ar fi avut valoarea 3, vîrsta rocii ar fi fost de 2,6 miliarde de ani (trei pătrimi din cantitatea originală de potasiu-40 ar fi fost convertită în argon-40).

TABELUL 2.1 IZOTOPII RADIOACTIVI IMPORTANȚI ȘI TIMPUL LOR DE ÎNJUMĂTĂȚIRE

Formă generatoare	Formă derivată stabilă	Timp de înjumătățire în ani
Thoriu-232	Plumb-208	14×10^9
Uraniu-238	Plumb-206	$4{,}5 \times 10^9$
Potasiu-40	Argon-40	$1{,}3 \times 10^9$
Uraniu-235	Plumb-207	$0{,}7 \times 10^9$
Carbon-14	Azot-14	5570

Prin urmare, dacă măsurăm cantitatea relativă de izotop generator și derivat putem determina vîrsta unei roci. De fapt, vîrsta obținută indică numai ultima solidificare a rocii. Precizia acestei tehnici se bazează pe două supoziții:

1) Roca originală nu conținea izotopi derivați.
2) În cursul evoluției rocii nu au fost introduse alte cantități de izotopi generatori sau derivați.

Aceste supoziții sînt greu de verificat, dar utilizîndu-se mai multe tipuri de izotopi generatori sau derivați se efectuează un anumit control al rezultatelor. Cu alte cuvinte, doi izotopi radioactivi diferiți trebuie să conducă la rezultate similare dacă supozițiile au fost corecte sau dacă eroarea a fost similară în ambele cazuri — ceea ce este greu de admis.

Cele mai vechi roci care au fost datate au indicat vîrsta de 3,5 miliarde de ani. Întrucît această datare indică timpul ultimei solidificări a rocilor, ea reprezintă o vîrstă minimă a Pămîntului. Altă indicație asupra vîrstei Pămîntului se obține prin analiza abundenței relative de izotopi radioactivi pe pămînt și în meteoriți. Această metodă este similară celei utilizate pentru roci (se măsoară sau se estimează raportul dintre izotopii generatori și derivați) și arată că acum 4,5 pînă la 5 miliarde de ani Pămîntul era probabil în stare solidă.

Izotopii cu timpi de înjumătățire mari sînt mai adecvați pentru evaluarea vîrstei Pămîntului, căci după miliarde de

ani încă mai există cantități măsurabile de izotop generator. Izotopii cu timpi de înjumătățire relativ scurți, de exemplu carbon-14, sînt utili pentru datarea unor evenimente recente, cu durată mai scurtă, așa cum este determinarea vîrstei sedimentelor marine.

ORIGINEA PĂMÎNTULUI

Înainte de a discuta despre originea Pămîntului sînt necesare unele considerații asupra originii Universului, subiect în legătură cu care există întrebări profunde și date puține. De exemplu, de unde provine și cînd s-a format materia care alcătuiește Universul?

O primă ipoteză presupune că Universul s-a dilatat plecînd de la o explozie inițială. Cea mai convingătoare dovadă că Universul se dilată este deplasarea către terminația roșie a liniilor spectrale observate în galaxiile depărtate. Acest fenomen, denumit deplasarea Doppler, este rezultatul mișcării unui corp care se apropie sau se depărtează de alt corp. Dacă corpul se îndepărtează, emite radiații luminoase cu frecvență mai mică (lungime de undă mai mare), deplasîndu-se spre partea roșie a spectrului. Amploarea acestei deplasări poate fi utilizată în calculul mișcării de depărtare a corpurilor față de Pămînt. Această ipoteză explică dilatarea Universului, dar nu clarifică problema originii materiei și nici nu indică starea Universului înainte de explozie.

Un alt punct de vedere, ipoteza ciclică, presupune încetarea expansiunii Universului urmată de începerea procesului de contractare datorat forțelor gravitaționale, Universul devenind o masă imensă cu temperatură ridicată. Evoluția ar continua cu o explozie care ar trimite materia înapoi în spațiu, după care întreg procesul s-ar repeta. Deși această teorie răspunde unor probleme menționate mai înainte, nu se explică de unde provine materia care formează Universul. Este clar că pentru a se ajunge la concluzii precise în legătură cu originea Universului este necesar să se acumuleze mai multe cunoștințe.

Datele cu privire la Pămînt sînt mai numeroase, oamenii de știință fiind, în general, de acord asupra unor aspecte ale istoriei sale, ca de exemplu vîrsta lui. Totuși asupra modului în care a luat naștere Pămîntul există încă ipoteze.

Discuțiile s-au concentrat asupra următoarelor două ipoteze principale: ipoteza fragmentării și ipoteza condensării. Teoria fragmentării susține că planetele sistemului nostru solar s-au desprins din Soare în momentul cînd acesta s-a ciocnit, sau a trecut foarte aproape, de altă stea, de unde presupunerea că Soarele și planetele nu au luat naștere în același timp. Această ipoteză este contrazisă de numărul mare de elemente radioactive existente în Soare și în Pămînt, ceea ce indică formarea simultană a planetelor și a Soarelui.

Ipoteza condensării consideră că toate corpurile sistemului nostru solar au luat naștere aproximativ în același timp prin compactizarea unui nor de praf și gaz cosmic. Cea mai mare parte din acest material a format Soarele nostru, o cantitate mai mică dispunîndu-se ca un nor difuz, sau nebuloasă, în jurul lui. Ulterior, nebuloasa s-a turtit, luînd forma de disc, și mărindu-și în felul acesta densitatea. Creșterea densității a creat o stare de instabilitate și nebuloasa s-a rupt în mai mulți nori mici. Acești nori au reprezentat protoplanetele, care au evoluat dînd naștere planetelor actuale. La început, protoplanetele erau reci și gazoase, dar după ce au fost eliminate gazele, temperatura lor a crescut datorită radioactivității și compresiunii, pînă cînd materia lor s-a topit. Cu 4,5 sau 5 miliarde de ani în urmă Pămîntul s-a solidificat, dar nucleul său a rămas în stare topită. Deși conține și unele neclarități, ipoteza condensării este, în prezent, preferată teoriei fragmentării.

Atmosfera originară, sau primordială, a Pămîntului, a dispărut. Cea actuală s-a dezvoltat, în cuprinsul unor lungi perioade ale timpului geologic, din gazele emanate de Pămînt și, după dezvoltarea vieții vegetale, din oxigenul eliberat de plante în timpul fotosintezei.

ORIGINEA LUNII

Există două ipoteze principale care examinează originea Lunii. Prima consideră că Luna s-a rupt din Pămînt, probabil din bazinul Oceanului Pacific. A doua ipoteză, a condensării, în general mai larg acceptată de oamenii de știință, susține că Luna s-a format odată cu Pămîntul din condensarea gazului și prafului cosmic. Studii teoretice recente arată că în trecutul geologic Luna a fost mult mai aproape de Pămînt

(vezi partea despre frecarea mareică din capitolul 7). Analiza preliminară a rocilor obținute de pe suprafața Lunii indică o compoziție întrucîtva similară bazaltului, rocă vulcanică comună pe Pămînt. Aceste două observații, deși nu sînt definitive, sugerează existența unei legături strînse între Pămînt și Lună.

ORIGINEA OCEANULUI

Originea apei oceanelor ridică două probleme: de unde provine apa și cum a ajuns la compoziția ei actuală.

Conform ipotezelor elaborate pînă în prezent, imensa cantitate de apă care constituie astăzi Oceanul Planetar ar putea proveni: 1) din atmosfera primordială a Pămîntului, 2) din descompunerea rocilor vulcanice sau 3) prin acumularea apei de-a lungul istoriei geologice a planetei noastre.

Susținătorii primei ipoteze consideră că atmosfera primordială s-a condensat complet la un moment dat, dînd naștere oceanului. În acest caz, ar fi de așteptat ca, în apa oceanică, presupușii componenți originari ai acestei atmosfere să existe în cantități mai mari decît cele care au fost observate. Așanumitele gaze rare, ca neonul și argonul, apar în cantități de milioane pînă la sute de milioane de ori mai mici decît ar fi de așteptat dacă prima ipoteză ar fi corectă. Greutatea atomică a neonului este 20, iar cea a vaporilor de apă (sau H_2O) este 18. Deci, dacă atmosfera nu și-a putut menține conținutul său de neon, nu pare plauzibil să considerăm că a putut păstra mari cantități de vapori de apă. O cauză posibilă a dispariției atmosferei originare ar fi faptul că gravitația era mai slabă decît este astăzi. De fapt, atmosfera actuală a Pămîntului nu poate menține mai mult de aproximativ 13 000 km^3 de apă, pe cînd volumul apei oceanice depășește un miliard de km^3.

Adepții celei de-a doua ipoteze consideră că odată cu consolidarea Pămîntului o mare parte a apei originare a fost legată chimic în constituția rocilor vulcanice. Prin descompunerea ulterioară a acestor roci apa a fost eliberată, devenind apă oceanică. Date experimentale și de teren arată că rocile vulcanice conțin numai aproximativ 5% apă, iar în cazul în care ar fi eliberată chiar toată apa din rocile vulcanice ale crustei terestre, s-ar acumula mai puțin de

50% din apa oceanului. Prin urmare, pare să fie clar că cea mai mare parte a apei oceanului nu provine din alterarea rocilor. Totuși, mulți **cationi** (atomi sau molecule cu sarcină pozitivă) din apa mării, așa cum sînt sodiul, magneziul, calciul și zincul, ar putea proveni din aceste roci.

A treia ipoteză privind originea apei Oceanului Planetar, cea a acumulării de-a lungul istoriei geologice, este în general cea mai acceptată. Această ipoteză susține că apa oceanului s-a acumulat în mod lent, dar nu neapărat uniform sau continuu, în decursul timpului geologic. Sursa de apă ar fi reprezentată de activitatea vulcanică, de izvoarele termale și de încălzirea rocilor intrusive. În afară de apă, activitatea vulcanică a eliberat **anioni** (atomi sau molecule cu sarcină negativă), ca, de exemplu, clorul și sulful.

În cele relatate mai sus am simplificat un subiect complex. Totuși, argumentele prezentate indică activitatea vulcanică drept sursă a apei și a anionilor și sugerează că proveniența cationilor s-ar datora mai ales descompunerii rocilor intrusive.

Începuturile istoriei oceanului sînt puțin cunoscute. Prezența unor fosile aparent de origine marină arată că oceanul (dar nu neapărat oceanul actual) exista acum aproximativ două miliarde de ani. Asemănarea unor fosile mai recente cu formele actuale sugerează faptul că compoziția apei de mare a suferit puține schimbări în cursul ultimelor 600 000 000 de ani. Descifrarea istoriei vechi a Pămîntului, din punct de vedere chimic și biologic, reprezintă unul dintre obiectivele majore ale oceanografilor.

Diferitele elemente existente în ocean apar în cantități determinate de numeroase procese fizice și chimice care controlează și reglează compoziția chimică a apei marine. Aceste procese se produc mai ales la interfețele sau limitele oceanului. Acestea sînt: 1) interfața apă-atmosferă, 2) interfața apă-biosferă și 3) interfața apă-sediment. Importanța acestor limite va fi discutată în capitolele care urmează.

ORIGINEA VIEȚII

Omul a fost preocupat de problema originii vieții încă de la începutul istoriei sale. Timp de multe secole s-a crezut că viața a apărut prin generație spontanee. În 1862 Pasteur a arătat că generația spontanee nu reprezintă un fapt real,

iar în 1963 S. L. Miller a enumerat următoarele ipoteze asupra originii vieții:

1) a apărut ca urmare a unui eveniment supranatural;
2) provine din spațiul exterior;
3) a apărut ca urmare a unui eveniment foarte improbabil;
4) a apărut în urma condițiilor favorabile existente în oceanul Pământului primar.

Cea de-a patra ipoteză este acceptată astăzi de cei mai mulți oameni de știință preocupați de studiul originii vieții. Experiențele de laborator au arătat că prin producerea unei descărcări electrice (fulgerare simulată), într-un amestec de apă, amoniac și metan (compuși care apăreau în mod frecvent în constituția Pământului primar), iau naștere aminoacizi și alți compuși organici de importanță biologică. Acești compuși nu reprezintă forme de viață propriu-zise, mai ales pentru că nu sînt capabili de reproducere.

Unii cercetători au emis ipoteza că într-un anumit moment de la începutul istoriei Pământului suprafața acestuia era acoperită de o „supă organică" sau, cu alte cuvinte, de ape foarte bogate în molecule organice produse pe cale nebiologică. Modul în care aceste molecule au produs organisme este necunoscut. Dar odată formate, organismele au putut utiliza o parte din moleculele organice drept sursă de hrană. Ulterior s-au dezvoltat plante verzi, care aveau nevoie numai de bioxid de carbon, apă și lumină solară pentru a produce hrană prin fotosinteză. Aceste plante au eliberat oxigen în timpul procesului de fotosinteză, iar prezența oxigenului și existența plantelor ca sursă de hrană a condus la dezvoltarea animalelor.

Substanța organică odată formată, evoluția organismelor monocelulare a determinat, prin selecție naturală, apariția unor plante și animale superior organizate. Desigur, acest proces a necesitat multe milioane de ani.

Geologie istorică

Există o tendință naturală să se creadă că Pământul este static, că actualele condiții persistă de milioane de ani. Din anumite puncte de vedere, această opinie este corectă. Totuși, în ceea ce privește oceanul, trebuie să gîndim în termenii unei situații mai dinamice. Se pot observa schimbări zilnice,

lunare și anuale. Nivelul mării s-a ridicat și a coborît cu sute de picioare în ultimele mii de ani, fenomen provocat de schimbări ale climatului terestru și temperaturii oceanului. Cîmpul magnetic al Pămîntului s-a modificat de nenumărate ori în cursul ultimelor milioane de ani, iar ultima sută de milioane de ani a marcat schimbarea relativă a poziției continentelor și oceanelor. Aceste evenimente au fost cunoscute în urma studierii detaliate a sedimentelor și rocilor oceanice și prin observarea celor mai neînsemnate schimbări intervenite în biologia și evoluția plantelor și animalelor.

Geologii au împărțit vîrsta Pămîntului în patru ere, care, la rîndul lor, au fost subîmpărțite în perioade și unități de timp mai mici denumite epoci. Scara timpului geologic și unele evenimente importante asociate apar în figura 2.1 și tabelul 2.2.

Din punct de vedere geologic se cunosc puține date despre începutul istoriei oceanului. Probabil că oceanul și formele simple de viață marină au existat încă din precambrian. S-ar putea ca începînd din cambrian și ordovician oceanul să fi fost, din punct de vedere chimic, asemănător celui actual. Totuși, în timpul paleozoicului și în erele ulterioare, relieful și clima Pămîntului au suferit unele schimbări. În cursul istoriei sale geologice Pămîntul a fost, în cea mai mare parte, acoperit de mări puțin adînci. Multe regiuni care ocupă azi poziții emerse, s-au aflat în trecut sub nivelul mării. Schimbări importante ale climei, care au generat glaciații extensive, au avut loc în precambrian, permian și mai recent în cuaternar.

Studiul magnetismului rocilor vechi — reflectînd imaginea cîmpului magnetic terestru în timpul formării acestor roci — evidențiază deplasarea gradată a polilor magnetici în anumite timpuri geologice. De asemenea, se acumulează din ce în ce mai multe date care arată că uscatul continental nu a fost întotdeauna individualizat, așa cum apare astăzi, inițial el formînd de fapt numai unul sau două continente mari. Într-un anumit moment din trecutul geologic, probabil apropiat de perioada cretacică, continentele s-au separat începînd să se depărteze ușor, în derivă, din poziția lor actuală. Această ipoteză a derivei continentale este astăzi tot mai mult însușită de către oamenii de știință. O dezvoltare recentă a acestei ipoteze, denumită expansiunea fundului oceanic,

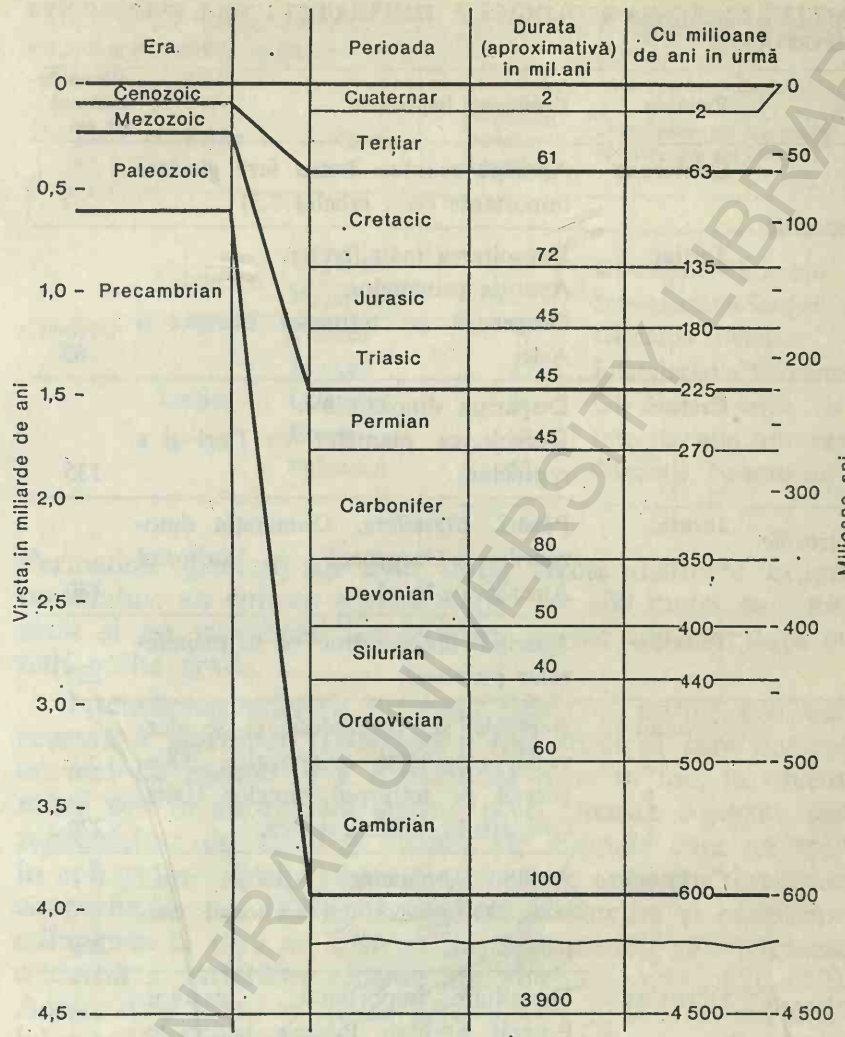


Fig. 2.1 Scara geocronologică.

utilizează proprietățile magnetice ale fundului oceanic pentru a obține detalii asupra mișcării sale actuale (vezi capitolul 8 unde se discută în amănunt această interesantă ipoteză).

Glaciația cuaternară din epoca pleistocenă a influențat numeroase caractere ale oceanului. În America de Nord, glaciația pleistoceană a constat din patru avansări și retrageri (stadii interglaciare) ale gheţarilor de pe continent (tabelul 2.3).

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

TABELUL 2.2 SCARA GEOLOGICĂ A TIMPULUI ŞI UNELE EVENIMENTE IMPORTANTE

Era	Perioada	Evenimente importante	Vîrsta în milioane de ani
Cenozoic	Cuaternar	Apariţia omului. Patru faze glaciare importante (vezi tabelul 2.3)	2
	Terţiar	Dezvoltarea mamiferelor. Apariţia primatelor. Orogeneză pe teritoriul Europei şi Asiei	63
Mezozoic	Cretacic	Dispariţia dinozaurilor. Dezvoltarea plantelor cu flori şi a reptilelor.	135
	Jurasic	Păsări. Mamifere. Dominaţia dinozaurilor. Orogeneză pe teritoriul Americii de Nord.	180
	Triasic	Apariţia dinozaurilor şi a mamiferelor primitive.	225
Paleozoic	Permian	Reptilele se răspîndesc şi se dezvoltă. Depozite evaporitice. Orogeneză pe teritoriul Statelor Unite. Glaciaţie în emisfera sudică.	270
	Carbonifer	Amfibii abundente. Apariţia reptilelor. Orogeneză pe teritoriul Statelor Unite.	350
	Devonian	Dezvoltare importantă a peştilor. Primele amfibii. Primele păduri terestre bine dezvoltate.	400
	Silurian	Primele păduri terestre. Orogeneză pe teritoriul Europei.	440
	Ordovician	Primii peşti şi primele vertebrate.	500
	Cambrian	Nevertebrate marine numeroase şi variate.	600
Precambrian		Apariţia vieţii. Acest interval este de cel puţin cinci ori mai mare decît tot restul timpului geologic.	

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

TABELUL 2.3. DIVIZIUNILE CENOZOICULUI CU PRIVIRE SPECIALĂ ASUPRA PLEISTOCENULUI

Era	Perioada	Epoca	Vîrsta în milioane de ani	Diviziunile pleistocenului în America de Nord
Cenozoic	Cuaternar	Holocen	0,01	Glaciația Wisconsin
		Pleistocen	1—2	Interglaciația Sangamon
	Terțiar	Pliocen	7	Glaciația Illinoian
		Miocen	25	Interglaciația Yarmouth
		Oligocen	36	Glaciația Kansas
		Eocen	58	Interglaciația Aftonian
		Paleocen	63	Glaciația Nebraskan

Perioadele glaciare au avut două efecte distincte asupra oceanului: au coborît nivelul mării cu 100 metri sau mai mult și au modificat temperatura apelor de suprafață cu mai multe grade.

Intensitatea scăderii nivelului mării în partea cea mai recentă a glaciației Wisconsin a fost studiată prin datarea cu metoda carbon-14 a depozitelor puse în loc, la nivelul mării sau în apropierea acestui nivel. Aceste depozite sînt reprezentate de turbă și cochilii de animale care au trăit în apă puțin adîncă. Multe dintre aceste depozite sînt acum acoperite de ape. Datînd astfel de sedimente și cunoscînd adîncimea la care au fost găsite, este posibil să se traseze o curbă a variațiilor recente ale nivelului mării (fig. 2.2). Aceste date arată că acum aproximativ 15 000 de ani nivelul mării era cu 100 m mai jos decît nivelul actual. Descoperirea unor măsele de elefant în zona actualei platforme continentale reprezintă dovezi suplimentare privind ridicarea recentă a nivelului mării (fig. 2.3). Din punct de vedere geologic aceasta înseamnă că timp de 15 000 ani platforma continentală, care este acum submersă, a fost expusă eroziunii valurilor și mareelor pe măsură ce nivelul mării s-a ridicat pînă la poziția actuală (fig. 2.4). Înainte de ridicarea nivelului mării, platforma continentală era intersectată de rîuri care depuneau cea mai mare parte a sedimentelor lor în zonele mai adînci ale oceanului. În perioada dintre anii 15 000 și 7000 înainte de timpul prezent, marea s-a ridicat

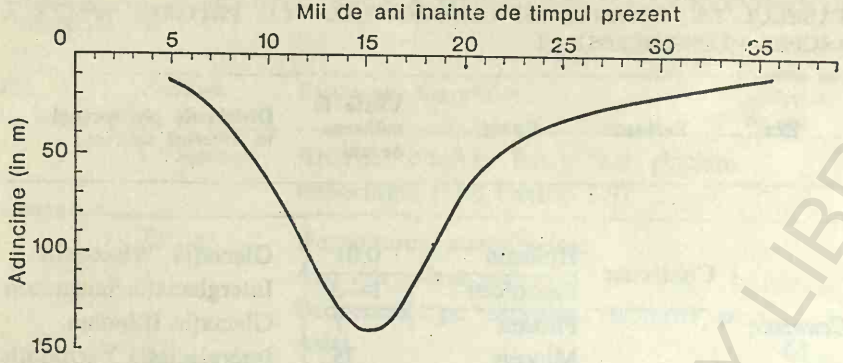
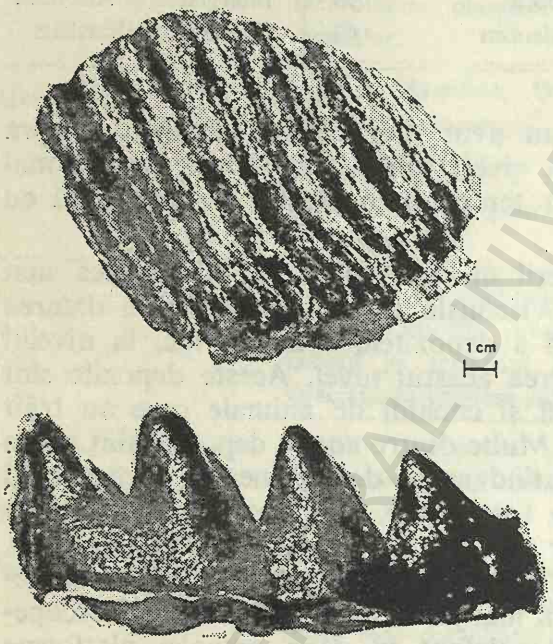
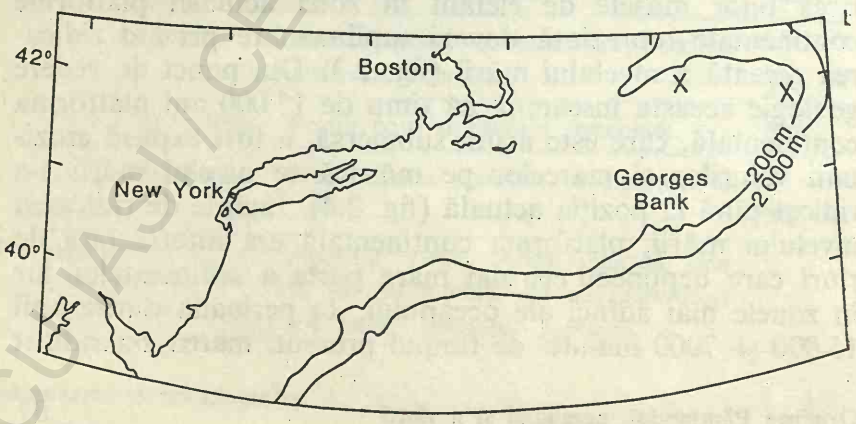


Fig. 2.2



a



b

Fig. 2.3

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 2.2 Variațiile recente ale nivelului mării. Nu sînt figurate unele mici fluctuații posibile din ultimii 5000 de ani (Date luate mai ales după Curray, 1961 și 1965, Shepard, 1963, Milliman și Emery, 1968).

Fig. 2.3 a) Măsele de elefant colectate de pe platforma continentală. Ele provin de la adîncimea de aproximativ 80 m, din apropiere de Georges Bank. b) Punctele de unde provin măselele sînt indicate cu semnul X (După Whitmore și colab., „Science", fig. 1, *156* (iunie, 1967): 1477—1481; Copyright 1967, Asociația americană pentru progresul științei).

Fig. 2.4 Linia țărmului acum 15 000 de ani (cel mai scăzut nivel al mării din timpul glaciației Wisconsin) și acum 11 000 de ani. Sînt indicate și actuala linie a țărmului și cea viitoare (care ar rezulta din topirea totală a gheții). Figura pune în evidență variația în timp a nivelului mării conform datării cu carbon radioactiv a unor cochilii din zone cu apă puțin adîncă și a unor depozite de turbă (Date puse la dispoziție de K. O. Emery).

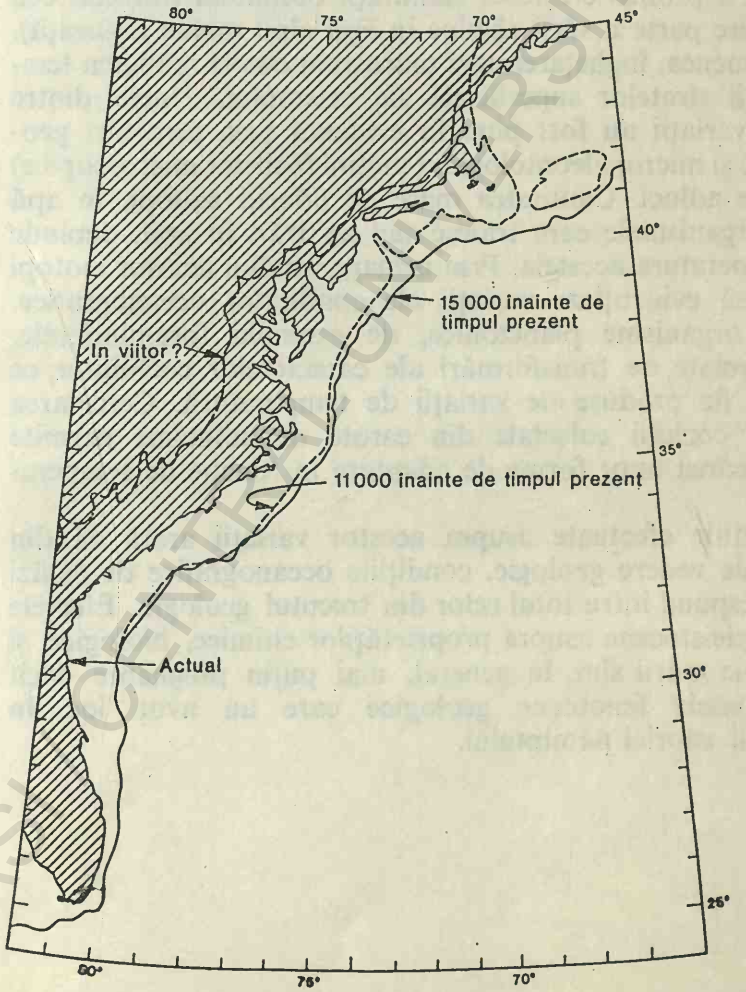


Fig. 2.4

relativ rapid, atingînd nivelul de aproximativ 10 metri sub actualul nivel al mării. După anul 7000 înainte de timpul prezent nivelul mării s-a ridicat încet și neregulat.

Nu este sigur dacă în prezent am depășit perioada de glaciațiune. Pe uscat mai există o cantitate mare de gheață, astfel încît o încălzire accentuată a suprafeței terestre ar avea ca urmare ridicarea nivelului mării cu cîteva zeci de metri. Efectul unei asemenea ridicări ar fi catastrofal, căci o mare parte a populației globului terestru trăiește în apropierea zonelor litorale.

Glaciațiunea a modificat și unele proprietăți fizice și chimice ale apelor oceanului. Înghețarea unei mari cantități de apă a produs creșterea salinității oceanului (întrucît cea mai mare parte a sării rămîne în apă cînd marea îngheață). De asemenea, înghețarea apei mării a condus la scăderea temperaturii stratelor superficiale ale oceanului. Unele dintre aceste variații au fost puse în evidență prin cercetări geochimice și micropaleontologice (studiul fosilelor microscopice) în zone adînci. Cantitatea mare de diferiți izotopi, în apă și în organismele care trăiesc sau au trăit în apă, depinde de temperatura acesteia. Prin urmare, studiul acestor izotopi poate să evidențieze variații ale condițiilor oceanografice. Unele organisme planctonice, de exemplu foraminiferele, sînt afectate de transformări ale caracterelor cochiliilor, ce par să fie produse de variații de temperatură. Cercetarea acestor cochilii colectate din carote de adîncime permite identificarea unor forme de adaptare în funcție de temperatură.

Studiile efectuate asupra acestor variații arată că, din punct de vedere geologic, condițiile oceanografice de astăzi nu corespund întru totul celor din trecutul geologic. Efectele epocii pleistocene asupra proprietăților chimice, biologice și fizice ale mării sînt, în general, mai puțin pregnante decît grandioasele fenomene geologice care au avut loc în decursul istoriei pămîntului.

3 Istoria oceanografiei

ÎNCEPUTURI

EPOCA EVULUI MEDIU

OCEANOGRAFIA MODERNĂ

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

ÎNCEPUTURI

La începuturile istoriei umane cercetarea mării a fost determinată de necesități practice, nu de curiozități abstracte. Oamenii nu doreau decît să se deplaseze dintr-un loc într-altul într-un timp cît mai scurt posibil. Prin urmare, începutul oceanografiei este strîns legat de primele preocupări geografice ale omului și de începutul relațiilor de schimb. În jurul anului 800 î.e.n. fenicienii și grecii cunoșteau destul de bine Marea Mediterană, iar prin anul 600 î.e.n. erau realizate primele călătorii în jurul Africii. În anul 500 î.e.n. Parmenide a afirmat că Pămîntul este rotund, iar pe la 400 î.e.n. fenomenul mareelor a fost pus în legătură cu fazele Lunii. În anul 250 î.e.n. matematicianul grec Eratosthenes a determinat circumferința Pămîntului cu o precizie remarcabilă și a întocmit o hartă a lumii destul de exactă, așa cum apărea ea omului în timpurile acelea (fig. 3.1 și 3.2).

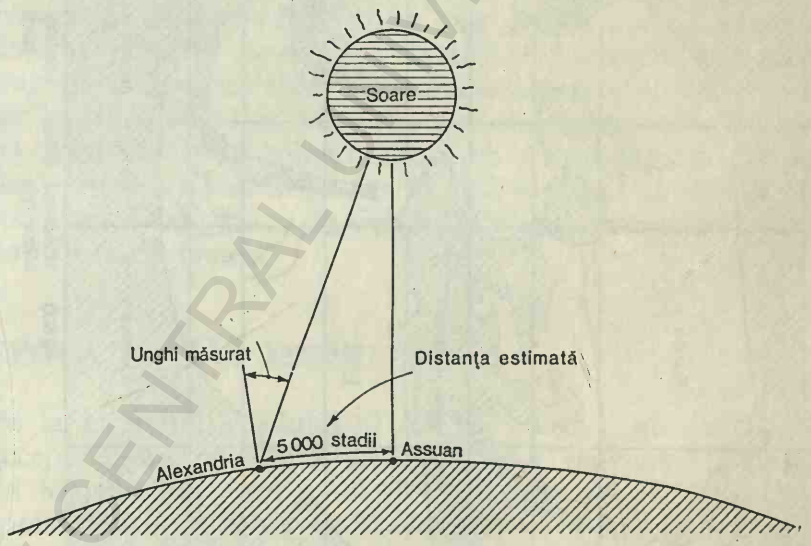


Fig. 3.1 Eratosthenes a determinat circumferința pămîntului măsurînd unghiul făcut de Soare cu paralela Alexandriei, în momentul cînd știa că la Assuan (la distanța de 5000 de stadii) Soarele se află direct deasupra capului. Unghiul era de 1/50 dintr-un cerc (7,2°), indicînd o circumferință de 250 000 de stadii. Cea mai precisă valoare a unei stadii utilizată de Eratosthenes era de 517 picioare, conform căreia valoarea circumferinței era de 24 500 mile. Precizia acestei măsurători este remarcabilă: o recentă determinare a circumferinței arată 24 860 mile. (În figură dimensiunile sînt exagerate).

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

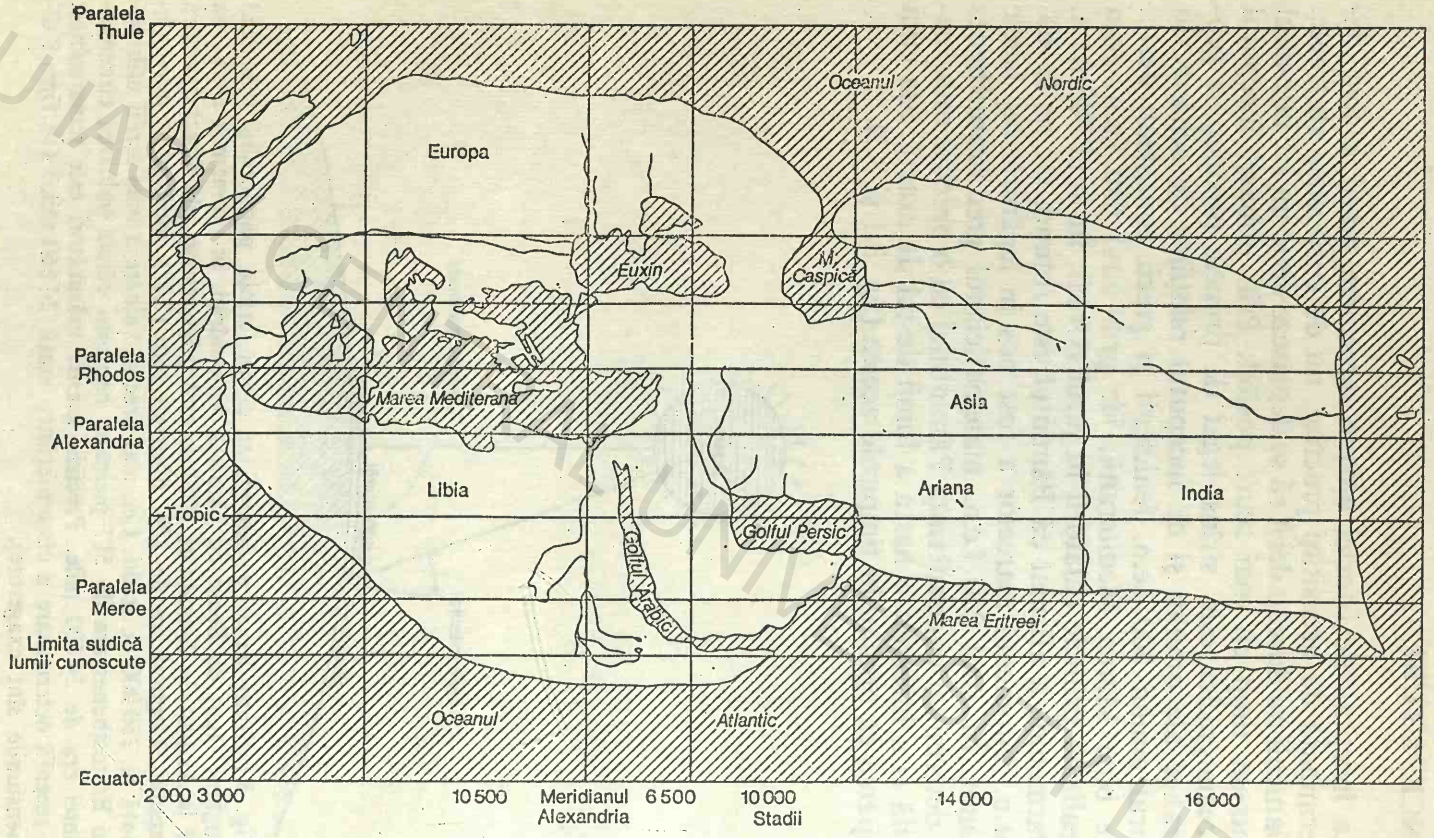


Fig. 3.2 Harta lumii după Eratosthenes. (După M. R. Cohen și I. E. Drabkin, *A Source Book in Greek Science*, Cambridge, Mass, Harvard University Press, 1948).

BCU IAȘI CENTRUL DE CARTE RARĂ LIBRARY

Vechii învățați au dezvoltat două teorii cu privire la distribuția uscatului și a apei. Eratosthenes și Strabon credeau că continentele formează o singură insulă înconjurată de ocean. Pe la jumătatea celui de-al doilea secol din era noastră, Ptolemeu considera că oceanele Atlantic și Indian sînt mări închise, de tipul Mediteranei. De asemenea, el susținea că extremitățile estice și vestice ale lumii sînt foarte apropiate și că navigînd spre vest se poate atinge extremitatea estică. Această idee l-a determinat pe Columb să navigheze spre vest, unde a descoperit America, în loc să ajungă în India, care reprezenta, de fapt, obiectivul său.

În Oceanul Indian au fost deschise primele drumuri comerciale, dar a rămas ultimul în privința explorărilor științifice. Aici există un factor unic, deosebit de favorabil pentru navigația navelor cu vele: în sezonul musonului de vară vîntul suflă de la sud-vest, iar în timpul musonului de iarnă suflă de la nord-est. Astfel de veliere cu greement pătrat[1] puteau să traverseze oceanul într-un sezon și să se reîntoarcă în sezonul următor. (De curînd acest important fenomen științific a constituit obiectul unui intens studiu oceanografic). După căderea imperiului roman comerțul a decăzut iar în evul mediu s-au pierdut multe dintre cunoștințele marine acumulate pînă atunci. Omul nu a mai explorat marea pînă către sfîrșitul secolului al XVI-lea. Dintre primii exploratori, Díaz, Vasco da Gama și Columb sînt astăzi cunoscuți în toată lumea.

EPOCA EVULUI MEDIU

Pe la începutul secolului al XV-lea oamenii au trebuit să accepte faptul că Pămîntul este rotund, nu plat. Călătoria lui Magellan în jurul lumii (1519—1521) a dovedit aceasta, spulberînd orice îndoială. Tot el pare să fi fost primul care a încercat să facă un sondaj al apei în mări adînci, utilizînd în acest scop, în Pacific, o parîmă lungă de numai 100 sau 200 fathomi fără să atingă fundul. Aceasta l-a determinat să creadă că zona sondată reprezintă partea cea mai adîncă a oceanului. Se pare însă că, cu șaisprezece secole înainte, ar fi fost făcută o încercare de sondaj mai reușită. Posidoniu,

[1] Tip de velier armat cu vele pătrate pe doi sau mai mulți arbori. — *V.S*

născut către anul 135 î.e.n., a afirmat că în apropierea Sardiniei marea a fost sondată la o adîncime de aproximativ 1000 fathomi. Din păcate există foarte puține informații referitoare la metodele folosite.

După ultima călătorie a Căpitanului Cook (1776—1779) configurația generală a oceanelor devenise cunoscută, dar natura fundului mării era încă neexplorată. Încercări de sondare a adîncurilor oceanului folosind o parîmă lungă au fost făcute de Ellis în 1749, Mulgrave în 1773 și Soresby în 1817. Sir John Ross a fost primul care a reușit, în 1818, să facă un sondaj și să obțină, de la adîncimea de 1050 fathomi, o probă de mîl din Golful Baffin, la vest de Groenlanda. În timpul unei expediții antarctice (1839—1843) Sir Clarke Ross a făcut sondaje de 2425 fathomi în Atlanticul de Sud și de 2677 fathomi în largul Capului Bunei Speranțe. În două cazuri el nu a putut atinge fundul utilizînd o saulă de 4000 fathomi. (În anul 1968 nava „Discoverer" a Centrului de cercetare științifică a mediului înconjurător a revenit în același punct din Atlanticul de Sud și, utilizînd echipament electronic, a stabilit adîncimea apei la 2100 fathomi. O adîncime de 2400 fathomi a fost obținută la o depărtare de 3,5 mile.) Cercetările în domeniul sondajelor au avansat datorită unui dispozitiv construit în 1854 de aspirantul Brooke din Marina Statelor Unite. El a atașat la capătul sondei o greutate detașabilă, care cădea cînd saula lovea fundul. Prin desprinderea greutății era determinat mai precis momentul cînd sonda atingea fundul. Prin introducerea folosirii cablului de oțel, în 1870 s-a realizat un alt progres important. Începînd cu Expediția „Meteor", în 1925, sondajele au devenit operații obișnuite, executate în mod continuu în zona oceanică. Nava „Meteor" era prevăzută cu dispozitive electronice de măsurare a adîncimii, eliminîndu-se astfel staționarea pentru fiecare sondaj.

În Statele Unite ale Americii cercetările oceanografice au început probabil în 1770, cînd Benjamin Franklin a publicat harta sa reprezentînd zona de circulație a Gulf Stream-ului. Matthew Fontaine Maury din Marina Statelor Unite a adus contribuții importante la dezvoltarea oceanografiei americane. Folosind date din jurnalele de bord ale navelor care străbăteau Atlanticul, Maury a stabilit relațiile dintre curenți și condițiile meteorologice oceanice. Descoperirile sale le-a publicat într-o lucrare apărută în 1856 sub titlul *Geografia fizică*

a mării, una dintre primele cărți de oceanografie scrise în limba engleză. Folosind numeroasele rezultate culese cu prilejul sondajelor marine, Maury a publicat în 1854 prima hartă batimetrică a Oceanului Atlantic de Nord (reprezentînd topografia fundului oceanic) (fig. 3.3). Alt cercetător oceanograf, William Ferrel, stimulat de cartea lui Maury, a dat prima explicație științifică a deplasării apelor de suprafață ale oceanului sub acțiunea vîntului.

O expediție importantă, deși nu strict oceanografică, a fost cea întreprinsă cu nava „Beagle", între anii 1831—1836, la bordul căreia se afla pe atunci tînărul naturalist Charles Darwin. Descoperirile lui Darwin cu privire la evoluție și la alte aspecte ale vieții marine au stimulat interesul altor oameni de știință pentru explorarea oceanului.

Deși în perioada 1850—1870 au avut loc numeroase expediții oceanografice, se poate considera că expediția în jurul lumii întreprinsă cu nava Challenger (1872—1876), sub conducerea lui Sir C. Wyville Thomson, a fost cea care a inițiat cercetările în mările adînci. Nava „Challenger", o corvetă cu abur (navă rapidă ceva mai mică decît un distrugător), lungă de 226 picioare și cu o capacitate de 2300 tone, a efectuat observații referitoare la numeroase aspecte ale oceanografiei (fig. 3.4). Expediția „Challenger" a parcurs 68 890 mile nautice, a efectuat 492 de sondaje la adîncime și 133 de dragaje, obținînd date din 362 de stații oceanografice. Cu prilejul acestor stații au fost colectate date meteorologice referitoare la curenți, temperatura apei, compoziția apei, organismele marine și sedimentele de fund. Au fost descoperite peste 4700 de specii noi de viețuitoare marine (o medie fantastică de cinci specii noi pentru fiecare zi petrecută pe mare). În Fosa Marianelor a fost efectuat cel mai adînc sondaj de atunci, reprezentînd 4475 fathomi (26 850 picioare sau 8180 m). Această zonă este numită acum Abisul Challenger.

Cantitatea de date colectate de Expediția „Challenger" a fost imensă. Rapoartele expediției au apărut în 50 de volume cuprinzînd 29 500 de pagini, iar elaborarea lor a necesitat 23 de ani [2].

[2] Rapoartele campaniei navei oceanografice reprezintă una dintre cele mai costisitoare publicații. Volumele au fost tipărite în format *quarto*, fiecare avînd peste 500 de pagini. Un set din aceste rapoarte se află în biblioteca Muzeului de istorie naturală „Grigore Antipa" din București. -D.M.

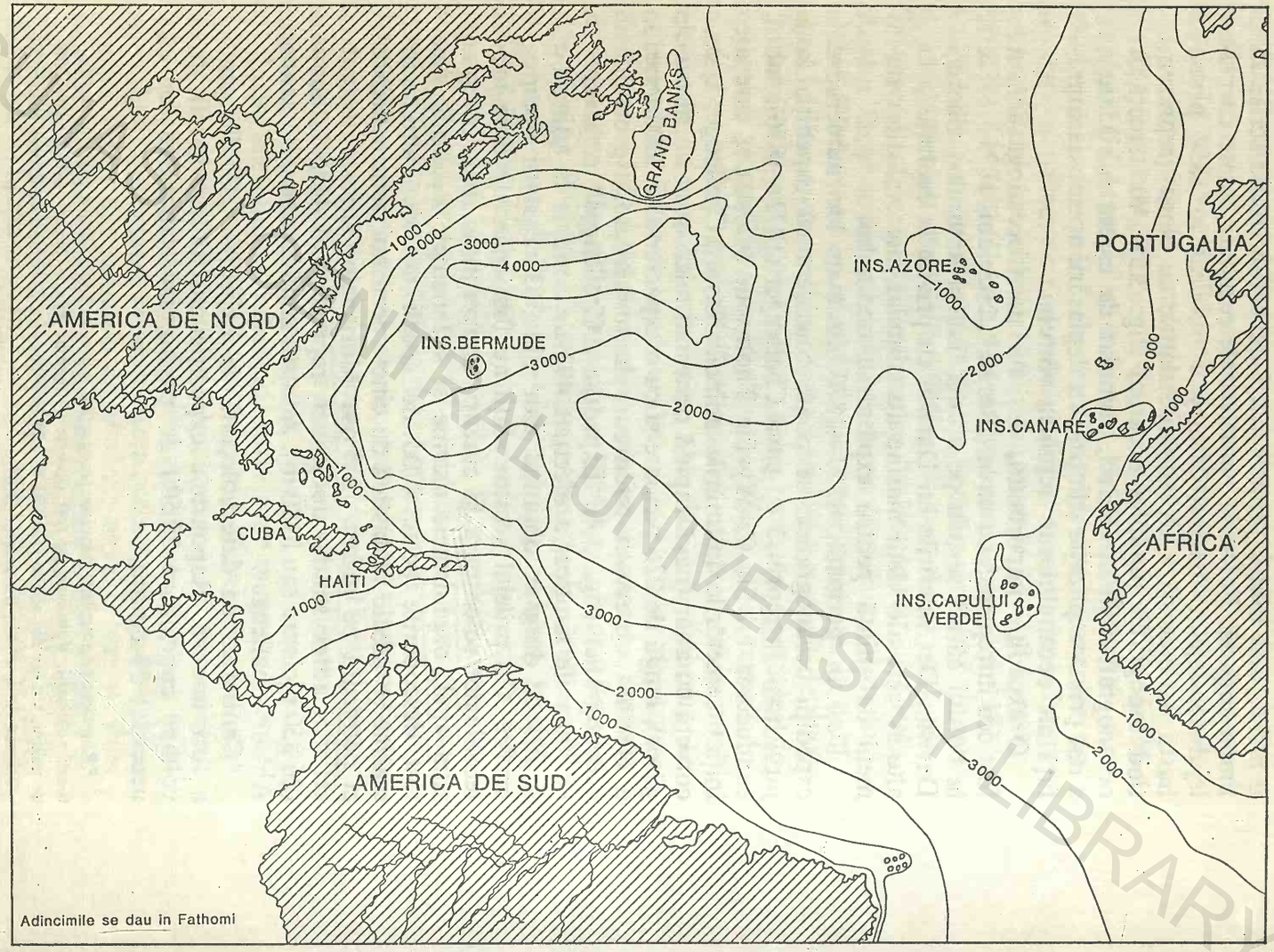


Fig. 3.3 Harta batimetrică a Oceanului Atlantic de Nord întocmită de Maury în 1854 (După Murray şi Hjort, 1912).

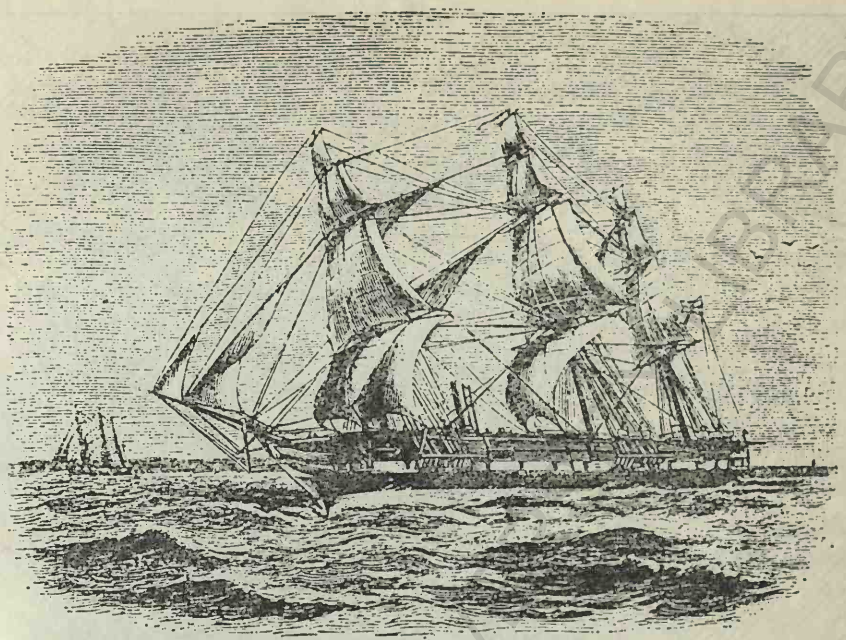


Fig. 3.4 Nava de cercetări „Challenger".

Deși a reprezentat una dintre explorările științifice de mare anvergură, datele culese au demonstrat, totuși, că mediul marin a rămas încă puțin cunoscut.

După Expediția „Challenger" interesul pentru oceanografie a crescut. Numeroase țări au organizat expediții cu caracter mondial, ca de pildă nava germană „Gazelle", care a făcut înconjurul lumii între anii 1874—1876, iar nava rusească „Vitiaz", între anii 1886—1889. Și expedițiile mai mici organizate în această perioadă au contribuții oceanografice semnificative. Se remarcă în special nava austriacă „Pola", care a făcut cercetări în Marea Roșie și în Marea Mediterană între anii 1890—1898; nava americană „Blake", condusă de Alexander Agassiz, care a explorat regiunea Mării Caraibilor între 1877—1880 și expediția norvegiană întreprinsă de Fridtjof Nansen, cu nava „Fram", între anii 1893—1896. Această navă din lemn a fost construită în mod special pentru a rezista ghețurilor arctice, trecerea în derivă peste Polul Nord reprezentînd unul dintre obiectivele acestei expediții. Deși încercarea a eșuat, s-a demonstrat totuși că zona arctică nu constituie o mare puțin adîncă, așa cum se credea, ci un ocean adînc.

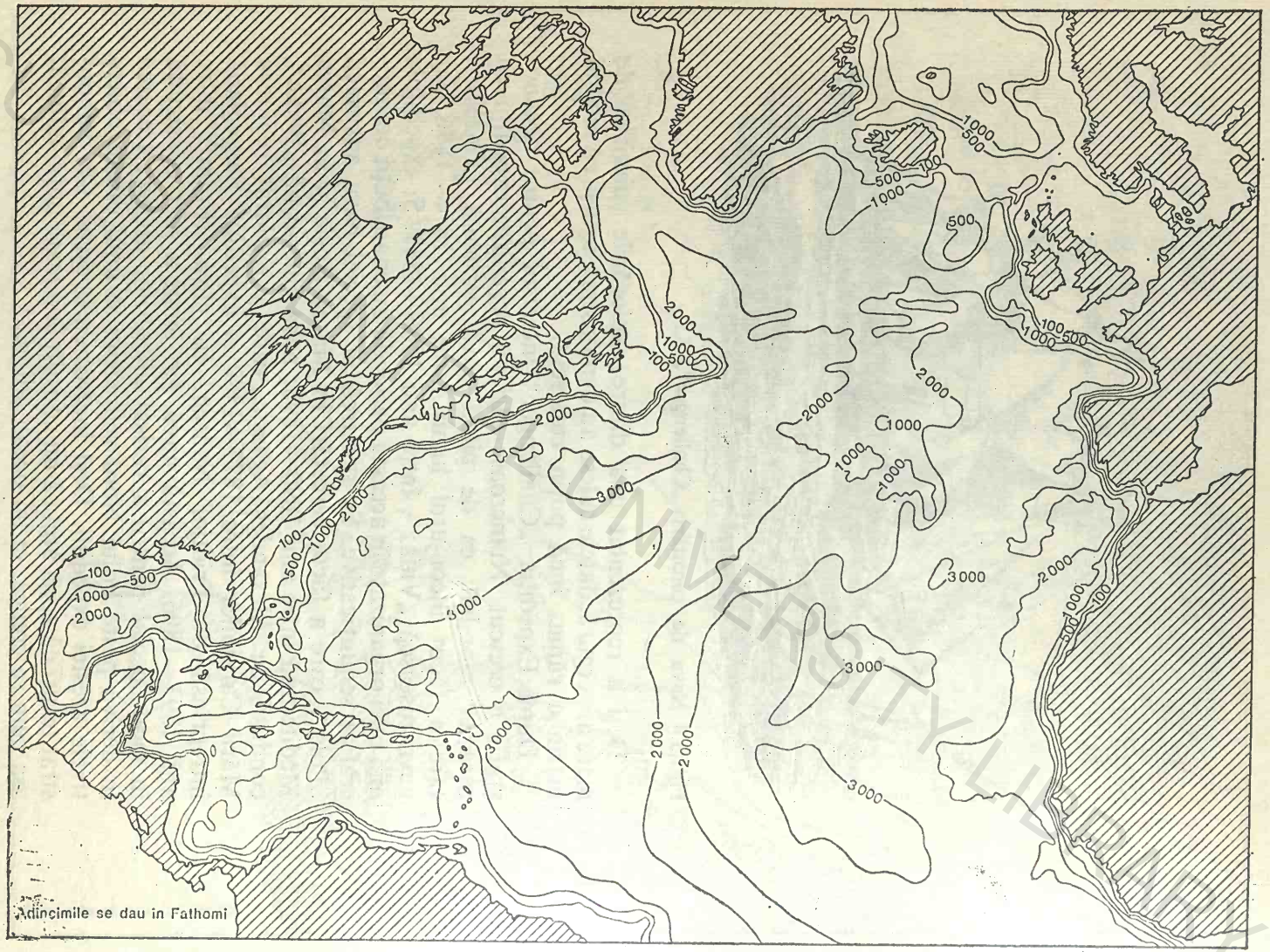


Fig. 3.5 Batimetria oceanului Atlantic după datele din 1911 (După Murray și Hjort, 1912).

OCEANOGRAFIA MODERNĂ

Numai pe la începutul secolului al XX-lea a putut fi realizată o valoroasă reprezentare de ansamblu a oceanelor. Încetul cu încetul a fost cartată topografia generală a fundului oceanic (fig. 3.5). Odată cu expediția „Meteor" (1925—1927) a început o nouă eră în oceanografie, realizîndu-se primul studiu de detaliu al unei anumite zone oceanice. Pînă atunci, cele mai multe expediții oceanografice au efectuat numai observații izolate, nesistematice. Nava „Meteor" a efectuat de paisprezece ori traversarea Oceanului Atlantic de Sud într-un interval de douăzeci și cinci de luni. Colectînd date zi și noapte, indiferent de vreme și anotimp, această expediție a fost prima care a utilizat o sondă ultrasonică electronică pentru măsurarea adîncimilor, acumulînd mai mult de 70 000 de sondaje oceanice. Rezultatele acestor sondaje au demonstrat cu claritate caracterul accidentat al fundului oceanic.

După Expediția „Meteor" cercetările au devenit mai exhaustive. Au fost organizate multe laboratoare importante de cercetări. În anul 1931 a fost construită „Atlantis" (fig. 3.6), una dintre primele nave americane destinată lucrărilor oceanografice. Cercetările mai vechi au fost efectuate pe nave construite în alte scopuri și reamenajate pentru efectuarea de studii oceanografice.

În anul 1942 H. U. Sverdrup, M. W. Johnson și R. H. Fleming au publicat un tratat de oceanografie de mare autoritate intitulat *Fizica, chimia și biologia generală a oceanelor*, care a devenit o lucrare de bază în domeniul oceanografiei.

În timpul celui de-al doilea război mondial interesul pentru oceanografie a crescut cu rapiditate. Progresele tehnologice, utilizarea oceanului în scopuri militare și unele dezastre produse de natură au stimulat cercetarea. Scufundarea batiscafului „Trieste" la o adîncime mai mare de 10 850 metri și expediția submarinului „Nautilus" pe sub Polul Nord au demonstrat că omul poate explora toate zonele oceanice. Totuși, pierderea submarinelor „Thresher", în 1963 și „Scorpion", în 1968, cu întregul echipaj la bord, a arătat, din nefericire, că pentru om oceanul continuă să fie un adversar greu de învins.

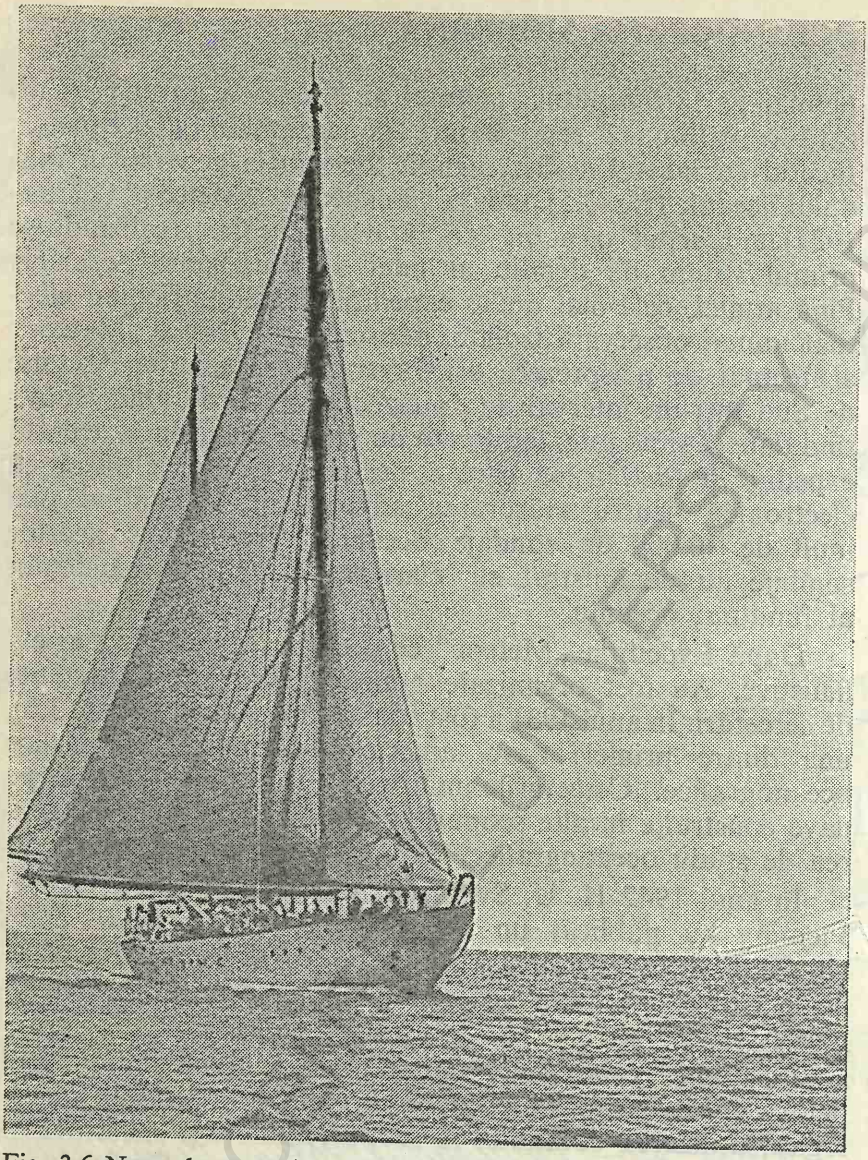


Fig. 3.6 Nava de cercetări „Atlantis" (Fotografie pusă la dispoziție de Institutul Oceanografic din Woods Hole).

Astăzi cercetarea se dezvoltă pe scară mondială, cu participarea cercetătorilor din numeroase țări, ca în cazul studiilor efectuate la începutul anului 1960, în Oceanul Indian, în cadrul Anului Geofizic Internațional. Oceanografii au elaborat programe mari și costisitoare. Multe dintre ele au

reținut atenția publicului, ziarele prezentînd rezultatele lor aproape zilnic. Primul a fost proiectul *Mohole*, o încercare de a traversa cu foraje crusta terestră. Deși a fost abandonat mai tîrziu, acest proiect a dat imbold programului *Joides* (Joint Oceanographic Institutions for Deep Earth Sampling). Obiectivul acestui nou proiect a fost de a fora și proba numai stratele superioare ale crustei terestre. Succesul obținut în stadiul inițial, desfășurat în largul Floridei în anul 1965, a incitat alcătuirea unui nou program, *Deep-Sea Drilling Project* (Proiectul de foraje marine adînci), care și-a propus să efectueze numeroase foraje în părțile adînci ale oceanelor Atlantic, Pacific și Indian. Început în 1968, acest program s-a desfășurat cu deosebit succes și fără îndoială că va da naștere unor planuri și mai ambițioase.

Oamenii de știință au fost întotdeauna interesați de posibilitatea ca omul să trăiască în mediul marin. Jacques Yves Cousteau, în Franța și membrii programului *Sealab* al Marinei S.U.A. au investigat această posibilitate. În anul 1964, în cadrul programului *Sealab I*, mai mulți scufundători au petrecut unsprezece zile la o adîncime de 193 picioare. În 1965, *Sealab II* a reușit ca mai multe grupuri de scafandri autonomi să stea, fiecare, cîte zece zile în ape cu adîncimea de 205 picioare. Deși a avut unele dificultăți tehnice, *Sealab III* și-a propus ca cinci echipe, a cîte opt oameni, să rămînă, fiecare, cîte douăsprezece zile la adîncimea de 610 picioare. Astfel, s-ar putea ca, în curînd, omul să poată trăi perioade mari de timp în apele cele mai adînci ale platformei continentale. Totuși, oricît de mare ar părea adîncimea de 610 picioare, trebuie să ne amintim că adîncimea medie a oceanului depășește 12 000 picioare, adică aproximativ de douăzeci de ori adîncimea pe care și-a propus-o *Sealab III*. Este de necrezut că omul a pășit pe suprafața Lunii înainte de a pune piciorul pe fundul adînc al oceanului terestru. Dar această mare confruntare face ca perspectivele de viitor să fie deosebit de captivante.

4 Aparatură și tehnică

APARATURĂ ȘI TEHNICĂ GENERALĂ

APARATURĂ ȘI TEHNICĂ SPECIFICĂ

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Înainte de a prezenta aspectele de detaliu ale oceanografiei, este necesar să examinăm tehnica și aparatura utilizate în studiul ambianței marine. J. D. Isaacs și C. O. D. Iselin, cunoscuți oceanografi care au proiectat numeroase dispozitive, afirmau, în anul 1952, că „nava este brațul oceanografului, cablurile formează sistemul său muscular, iar aparatura reprezintă degetele sale care caută în necunoscut". Perfecționarea aparaturii și a tehnicii de lucru constituie un proces continuu, susținut de curiozitatea cercetătorului de a cunoaște cît mai bine lumea subacvatică pe care, în cele mai multe dintre cazuri, nu o poate atinge, vedea, auzi, simți sau mirosi.

Unele aparate sînt coborîte în apă la capătul unui cablu lung, de unde transmit informații direct navei de la suprafață sau le înregistrează pe loc, datele fiind ulterior recuperate. Aparatele de acest tip trebuie să fie foarte sensibile, față de parametrii pe care îi măsoară și, în același timp, foarte rezistente pentru a suporta presiunea apei. Alte dispozitive sînt utilizate pentru colectarea probelor de apă, a organismelor acvatice sau a sedimentelor și rocilor de pe fundul oceanului.

Aparatura și tehnica, specifice cercetărilor oceanografice, pot fi grupate astfel: cele comune tuturor domeniilor oceanografiei și cele utilizate pentru studii speciale. În acest capitol sînt prezentate numai aparatele cele mai importante, deja probate. Chiar în timpul redactării acestui text sînt în stadiul de proiect noi dispozitive și se pun la punct tehnici noi cerute de problemele speciale ale mediului marin.

APARATURĂ ȘI TEHNICĂ GENERALĂ

Nave de cercetare

Cel mai important instrument de lucru pentru oceanografi este nava de cercetare, care permite oamenilor de știință să se deplaseze în diferite zone oceanice, avînd, în același timp, posibilitatea de a transporta aparatura oceanografică necesară. Cele mai multe nave oceanografice au avut inițial alte utilizări, ulterior ele fiind dotate și destinate cercetărilor marine (fig. 4.1 și 4.2). Deși aceste nave s-au comportat admirabil, ele prezintă anumite limite de folosire dat fiind

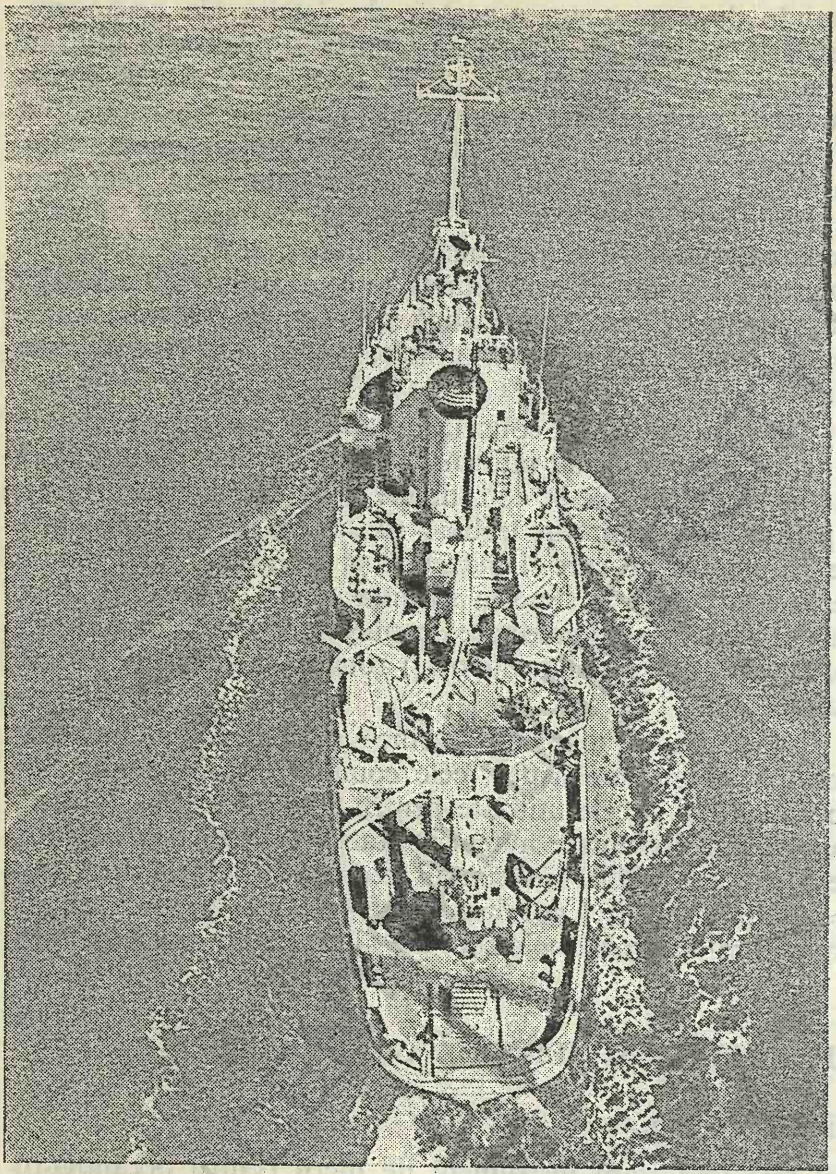


Fig. 4.1 Nava de cercetări „Chain" utilizată de Institutul Oceanografic din Woods Hole. Această navă de 214 ft şi cu un deplasament de 2100 tone a aparţinut marinei militare americane, în anul 1958 fiind reamenajată pentru cercetări oceanografice. Nava dispune de mai multe laboratoare, posedă un vinci capabil să lanseze aparate în zonele cele mai adînci ale oceanului, precum şi o bogată aparatură ştiinţifică. Cu viteză de 12 noduri şi autonomie de 9000 mile, nava poate primi la bord un echipaj de 33 de persoane şi 25 de cercetători. (Fotografie pusă la dispoziţie de Institutul Oceanografic din Woods Hole).

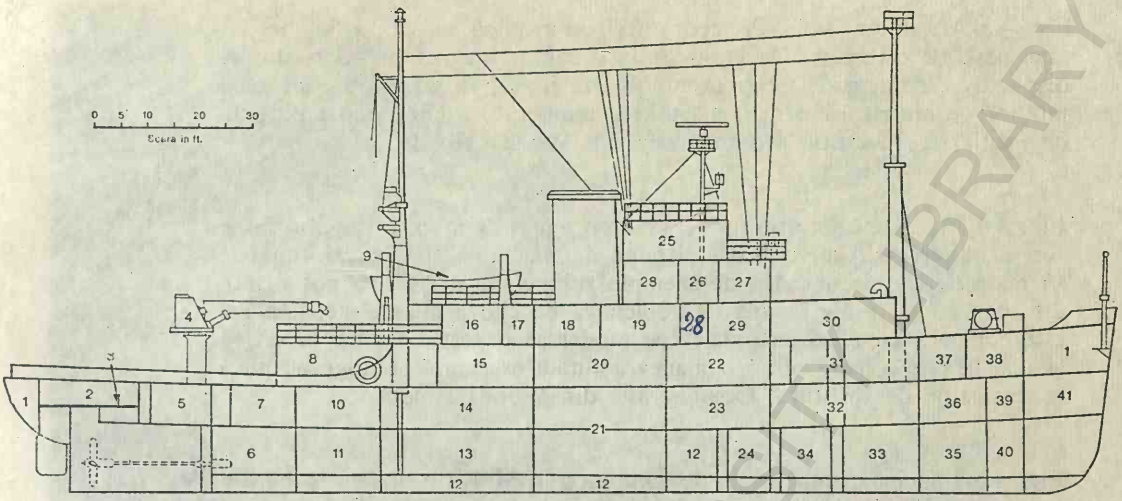


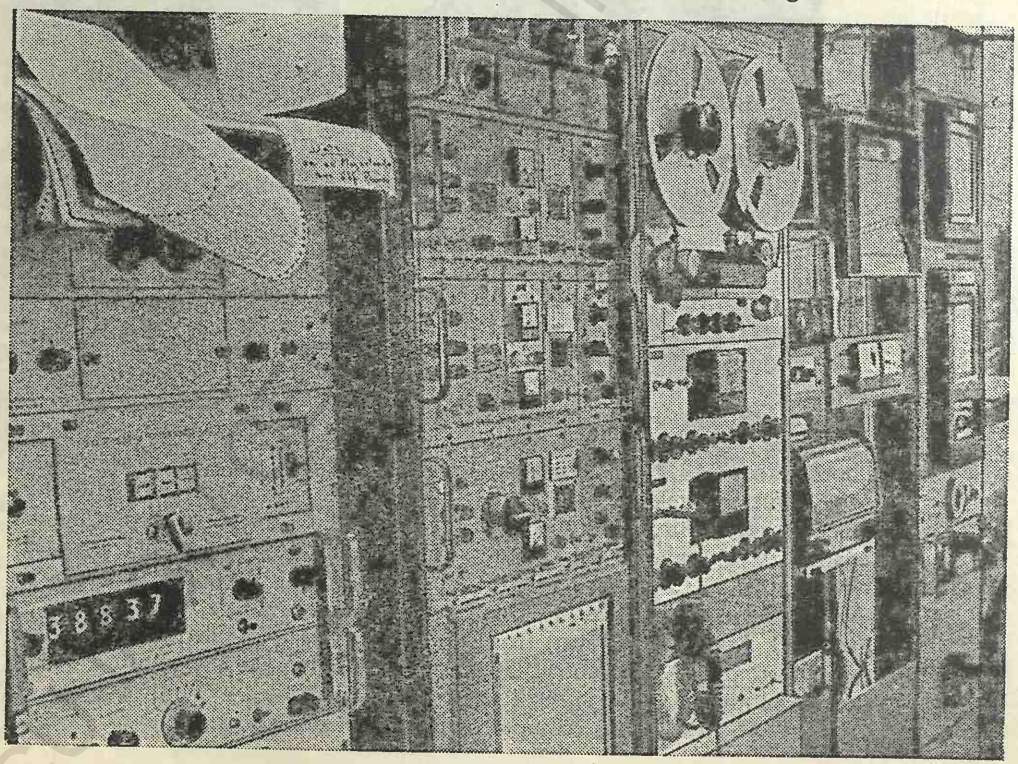
Fig. 4.2 Secțiune a navei „Chain". Termenii babord și tribord se referă la partea stîngă și respectiv dreaptă a navei. De observat spațiul proporțional restrîns care este disponibil pentru laboratoare.
1 Magazie-materiale de punte (prova și pupa). 2 Instalație de guvernare. 3 Garda elicei. Apărătoarea elicei. 4 Grui hidraulic. 5 Magazie. 6 Tancuri de combustibil pentru păcură. Tanc pentru lubrifianți (centru). 7 Laboratorul inferior. 8 Camera vinciurilor. 9 Barcă de salvare (babord). 10 Cabine cercetători (babord și tribord). 11 Tanc pentru păcură (centru). Tunel al axului elicei (babord și tribord). 12 Combustibil. 13 Sala motoarelor (compartimentul mașini). 14 Sala instalațiilor de control. 15 Laboratorul principal. 16 Laborator pentru măsurarea umidității. 17 Generator de rezervă. 18 Cabine ofițeri (babord și tribord). 19 Cabine cercetători. 20 Careul ofițerilor (babord). Bucătărie (centru). Careul echipajului (tribord). 21 Sala generatorului principal. 22 Cabine ofițeri. 23 Cabine echipaj (babord și tribord). 24 Apa potabilă (centru). Cambuză pentru provizii uscate (babord și tribord). 25 Laboratorul superior. 26 Camera hărților. 27 Timonerie. 28 Cabine radiotelegrafist (babord). Cabina stației radio (tribord). 29 Bibliotecă (tribord). Biroul științific (babord). 30 Șeful expediției (babord). Comandantul navei (tribord). 31 Cabine echipaj. 32 Cabine cercetători (babord) și tribord). 33 Compartimentul acumulatorilor. 34 Traductor. Puț de aerisire. Magazie materiale. 35 Cambuza pentru provizii uscate (babord și tribord). Magazie de pituri (tribord). 36 Cambuza frigorifică. 37 Cabine echipaj (babord). Spălătorie. 38 Camera de comandă a vinciurilor și vinciului de ancoră. 39 Cambuză pentru provizii uscate. 40 Puțul lanțului de ancoră. 41 Picul prova (compartiment de coliziune și frontanc de asietă).

Fig. 4.3 Ansamblu tipic de aparatură electronică existentă la bordul unei nave de cercetări. De la stînga la dreapta: magnetometru protonic, dispozitiv de navigație cu frecvență foarte joasă, magnetofon cu canale multiple și aparatură pentru măsurarea temperaturii (Fotografie pusă la dispoziție de Institutul Oceanografic din Woods Hole).

Fig. 4.4 Modelul unui nou tip de navă prezentat de marina Statelor Unite sub denumirea „Agor". Nava dispune de macarale și vinciuri capabile să manevreze obiecte mari, de exemplu submersibile. Acestea pot fi modificate pentru foraje în apă cu adîncimea de cîteva mii de metri. Nava este echipată cu elice cicloidale (pe model se observă o elice la proră și una la pupă), care oferă o manevrabilitate excelentă (Fotografie pusă la dispoziție de Institutul Oceanografic din Woods Hole).

Fig. 4.5 Imaginea unui sistem de computer (IBM 1710) utilizat la bordul navei „Chain" (Fotografie pusă la dispoziție de Institutul Oceanografic din Woods Hole).

Fig. 4.3



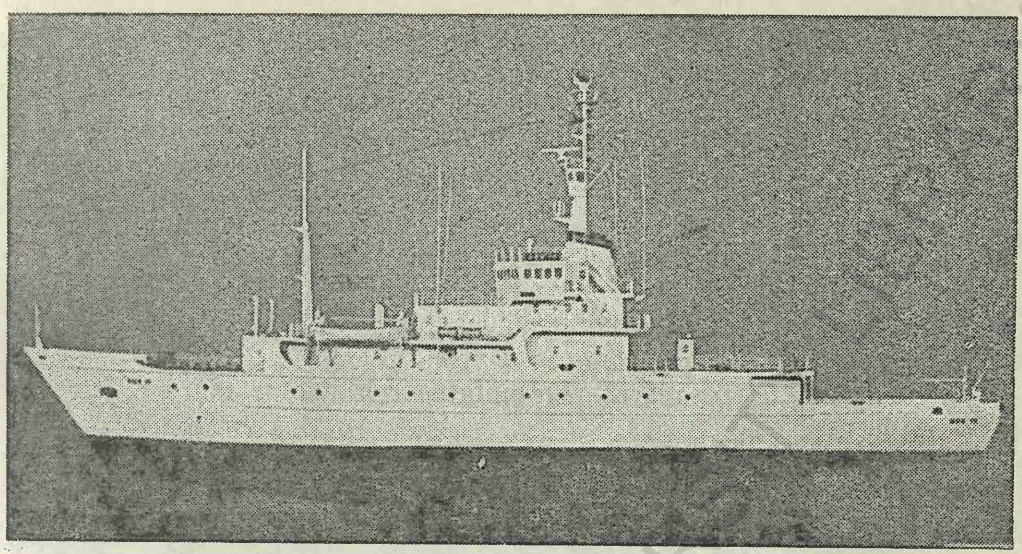
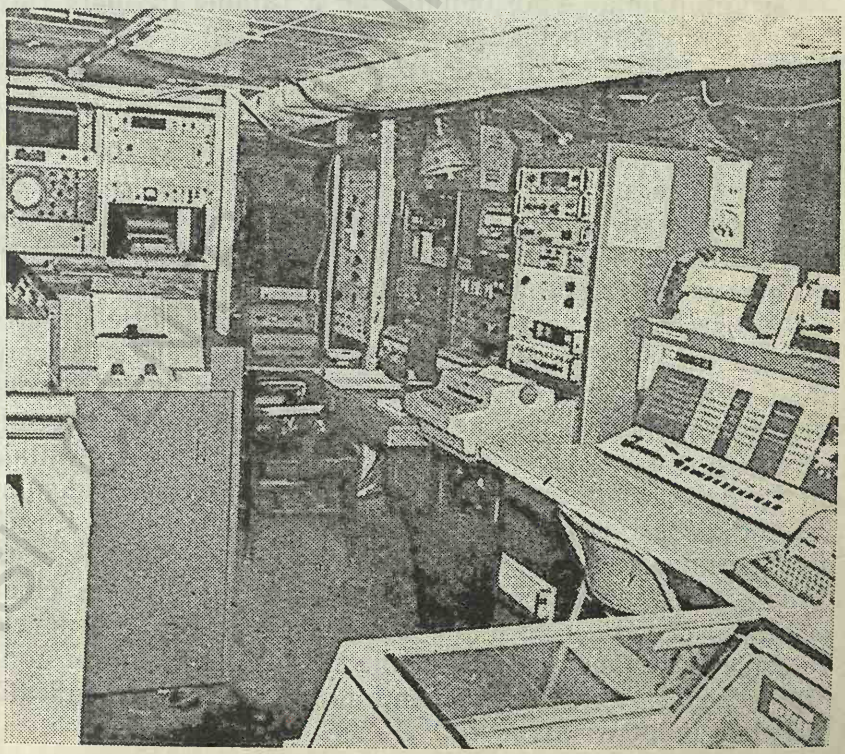


Fig. 4.4

Fig. 4.5



BCU IAȘI

obiectivul inițial pentru care au fost proiectate. Oceanografia modernă necesită nave speciale care să permită efectuarea celor mai diverse cercetări și instalarea unor variate tipuri de aparatură modernă. La achiziționarea unui vas de cercetări trebuie să se aibă în vedere următoarele condiții importante:

1) costul — prețul inițial, costul utilizării zilnice și al întreținerii;
2) agilitatea — manevrabilitatea vasului la viteze mici, sau cînd este staționat;
3) comportarea pe mare — stabilitatea relativă pe mare agitată;
4) disponibilități pentru laboratoare;
5) fidelitatea echipamentului electronic necesar pentru manevrarea navei care să nu fie influențată de aparatura electronică utilizată pentru colectarea datelor oceanografice (fig. 4.3);
6) capacitatea vinciurilor — posibilitatea de a coborî aparate pe fundul mărilor adînci;
7) autonomia — posibilitatea de a rămîne pe mare fără întrerupere cel puțin o lună de zile;
8) condițiile de trai și de recreere ale ofițerilor, echipajului și ale cercetătorilor.

Navele de cercetare proiectate astăzi întrunesc toate condițiile enumerate mai sus, beneficiind, în plus, de dotări cu aparatură și tehnică nouă și unică. Unele dintre ele pot adăposti vehicule pentru submersiune în ape adînci, instalații de foraj și balize oceanice mari (fig. 4.4).

O înzestrare recentă a navelor de cercetări este instalarea sistemelor de calculatoare la bordul navei (fig. 4.5) care pot fi utilizate, printre altele, la calcularea și evaluarea datelor gravimetrice și magnetice, a poziției navei și la determinarea adîncimii corecte a apei. Dintre numeroasele avantaje oferite de prezența unui calculator la bord, trebuie evidențiat în mod deosebit faptul că, prezentînd datele într-o formă care permite utilizarea și înțelegerea lor imediată, acesta dă posibilitatea elaborării și verificării unor ipoteze chiar în timpul cercetării pe mare. De adăugat însă că pe navele de cercetări, calculatoarele trebuie să fie adaptate unor condiții speciale, dintre care menționăm: umiditatea ridicată și balansul intens al navei.

Nave de cercetare pentru submersiune adîncă

Pentru oceanografi, un important instrument de cercetare îl constituie navele cu posibilități de submersiune la adîncime mare. În S.U.A. nu s-a construit nici un submersibil pentru cercetarea științifică înainte de anul 1961. Dezastrul submarinului „Thresher" din 1963 și interesul manifestat de marina americană pentru programul de submersiune adîncă au stimulat apariția a numeroase submersibile de cercetare. Acestea au o construcție variată, în ceea ce privește forma, dimensiunea și dotarea (tabelul 4.1), putînd efectua operațiuni multiple și, uneori, foarte specializate.

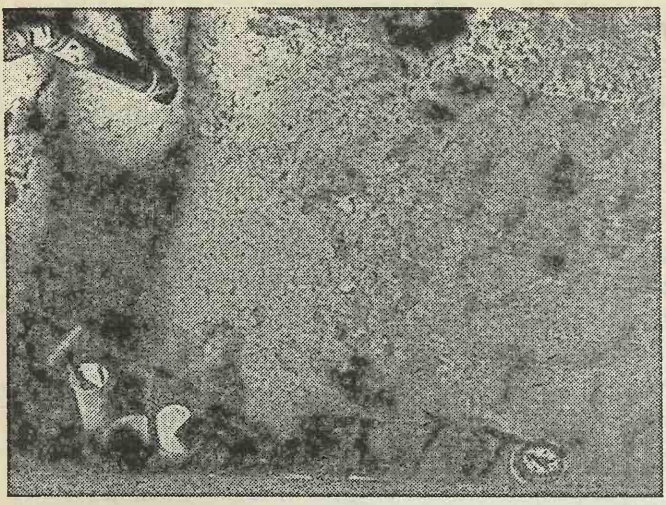
TABELUL 4.1. CARACTERISTICILE UNOR SUBMERSIBILE DE CERCETARE

Denumirea și anul construirii	Adîncimea (în picioare) viteza de lucru (în noduri*)	Autonomie	Lungime (ft)	Echipaj pasageri	Proprietar
ALUMINAUT (1965)	15 000/3,5	32 ore cu 2,5 noduri	51	3/4	Reynolds Metals Company
ALVIN (1965)	6000/2,5	8 ore cu 1,6 noduri	22	1/2	Office of Naval Research/Woods Hole Oceanographic Institution
ASHERAH (1964)	600/3	10 ore cu 1 nod	17	1/1	University of Pennsylvania
DEEP STAR 4000 (1966)	4000/3	10 ore cu 1 nod	18	1/2	Westinghouse Electric Corp.
DEEP QUEST (1967)	8000/4,5	24 ore cu 2 noduri	40	2/2	Lockheed Aircraft Corp.
BEN FRANKLIN (1968)	2000/5	6 săptămîni (în derivă)	49	2/4 (max. 12)	Grumman Aircraft

* Un nod reprezintă viteza de o milă marină (6000 ft/oră)

În comparație cu nava de suprafață, un submersibil prezintă numeroase avantaje. Cel mai important îl constituie posibilitatea de a efectua observații directe, care permit cercetătorului să vadă și să fotografieze ceea ce și-a propus, să măsoare sau să probeze. Figura 4.6 ilustrează importanța

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

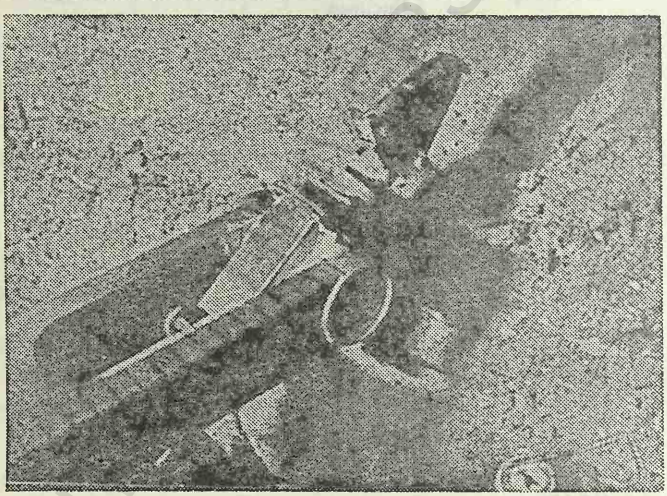


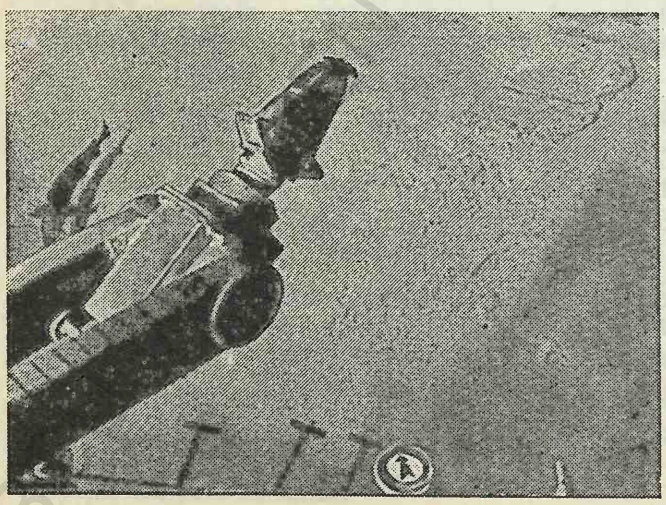
a

Colectarea unei probe de fund cu un mic carotier de la 1600 m adîncime.

b

Examinarea și măsurarea *ripple-marks*-urilor de pe o terasă stîncoasă. Brațul mecanic este gradat în inci. Orientarea *ripple-marks*-urilor este stabilită cu ajutorul busolei la 1594 m adîncime.





c

Examinarea unei pante abrupte (aproximativ 40°) cu o cuvertură sedimentară la 1580 m adîncime (Din D. A. Ross, *Natura, 218*, 1968).

Fig. 4.6 Fotografii submarine făcute din submersibilul „Alvin".

BUCHAREST UNIVERSITY LIBRARY

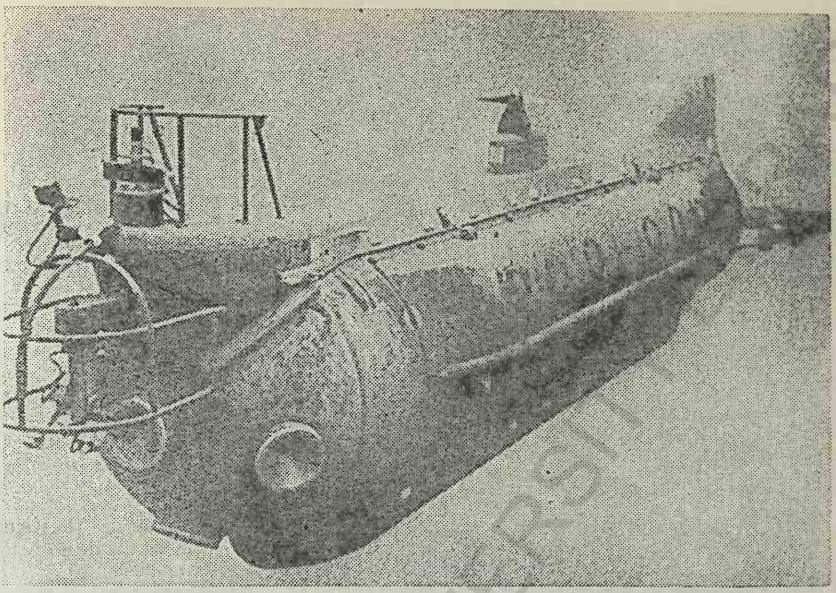


Fig. 4.7 „Aluminaut", un submersibil de aluminiu construit și utilizat de Reynolds Metals Company. Nava are lungimea de 51 ft și a lucrat la mai mult de 6000 ft adîncime. Pe lîngă aparatura științifică obișnuită submersibilul dispune de două brațe de 9 ft capabile să colecteze probe de 600 lbs (Fotografie pusă la dispoziție de Reynolds Metals Company).

pe care o prezintă studierea directă. O altă calitate a submersibilelor o constituie capacitatea acestora de a opera independent de suprafața mării și, în special, de a evita inconvenientele ce intervin odată cu deplasarea aparatelor datorită acțiunii valurilor.

Un submersibil oferă, de asemenea, posibilitatea de a explora elemente topografice de dimensiuni mici, care ar putea trece neobservate de o navă de suprafață. Utilizînd un submersibil pot fi efectuate măsurători în același loc, timp de mai multe ore, în vreme ce un vas neancorat va fi derivat, neputînd rămîne într-un punct fix. Alt avantaj constă în posibilitatea de a reveni în aceeași zonă a fundului oceanic după o perioadă de timp, spre deosebire de navele de suprafață care sînt limitate de unele probleme de navigație în regăsirea unei anumite zone (vezi subcapitolul de navigație).

Unul dintre dezavantajele prezentate însă de submersibile este dependența lor față de navele de la suprafață, care tre-

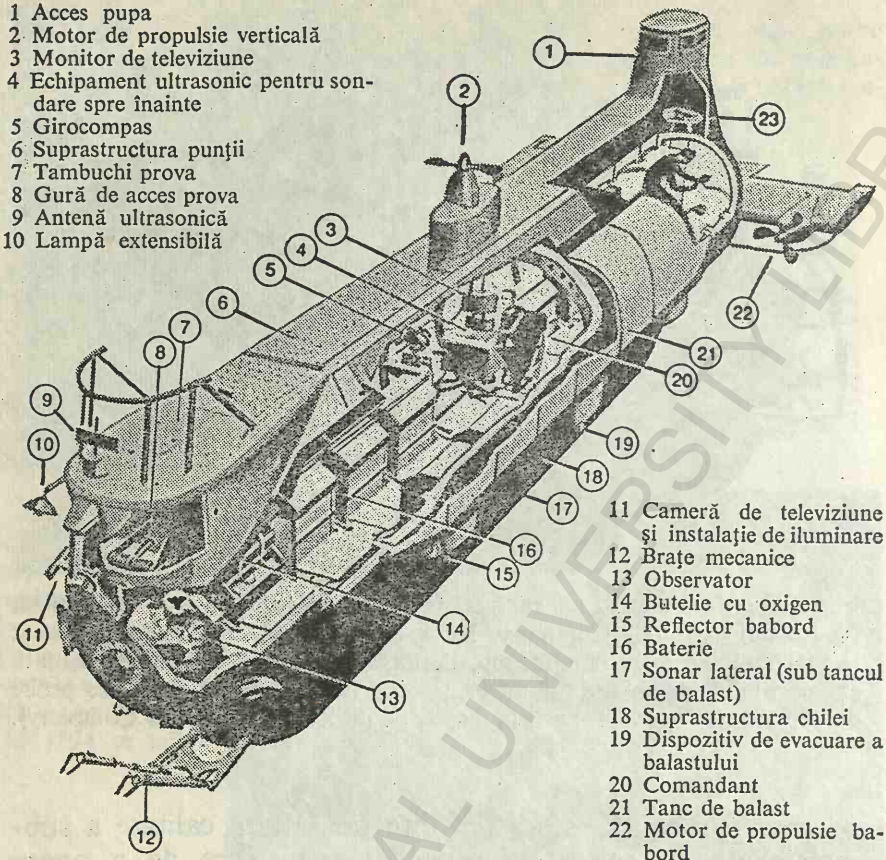


Fig. 4.8 Submersibilul „Aluminaut", schiță de structură (Fotografie publicată datorită amabilității Companiei Reynolds Metals).

buie să le remorcheze sau să le transporte la locul de scufundare. În plus, dificultățile de lansare și de recuperare fac ca submersibilele să poată fi utilizate numai în condiții de mare calmă. Se mai adaugă faptul că, întrucît submersibilele sînt foarte mici, observatorii trebuie să stea într-o poziție puțin confortabilă. Dimensiunile reduse sînt impuse de faptul că submersibilele trebuie să fie suficient de solide pentru a putea suporta presiunea apei acoperitoare și de necesitatea de a rezerva o mare parte a spațiului interior echipamentului și sistemului de asigurare a vieții. Mai trebuie avut în vedere și costul foarte ridicat al fiecărei scufundări. În ciuda acestor inconveniente, totuși, submersibilele

constituie unul dintre cele mai importante instrumente de lucru ale oceanografului [1].

Unele realizări și împrejurări în care s-au aflat submersibilele pot fi considerate într-adevăr ca ieșite din comun. Astfel, la 23 ianuarie 1960, batiscaful „Trieste" s-a scufundat în Fosa Challenger pînă la adîncimea de 10 910 m. Apoi, de numele submersibilelor „Aluminaut" (fig. 4.7 și 4.8) și „Alvin" (fig. 4.9 și 4.10) este legată „aventura" de căutare și de recuperare a bombei cu hidrogen pierdută în 1966 în largul coastelor Spaniei. Tot „Alvin", în timp ce efectua o scufundare pe Platoul Blake în largul Floridei, a fost atacat de un pește-spadă, aparent miop (fig. 4.11); același submersibil s-a mai aflat și într-o altă împrejurare demnă de relevat: la terminarea unei scufundări care avea loc la 160 km în largul insulei Martha's Vineyard[2], s-a ciocnit cu vasul care urma să-l recupereze și să-l transporte, pierzîndu-și brațul mecanic și coșul pentru probe într-o zonă unde adîncimea apei era de aproximativ 1300 m. Trei săptămîni mai tîrziu submersibilul s-a reîntors în zona respectivă și după trei scufundări și-a găsit și recuperat dispozitivele pierdute (fig. 4.12). La 16 octombrie 1968, „Alvin" însuși a naufragiat, din fericire fără pierderi de vieți omenești. Un an mai tîrziu, în septembrie 1969, el este recuperat de pe fundul oceanului de către submersibilul „Aluminaut" și de nava de suprafață „Mizar". Interesant este că aceste trei nave lucrează împreună și pentru recuperarea bombei cu hidrogen despre care am vorbit mai înainte. O realizare

[1] Cît de avansată este utilizarea actuală a submersibilelor de cercetare este ilustrată, de pildă, de Programul FAMOUS (French-American Mid-Ocean Undersea Study).

Proiectul FAMOUS are în vedere studiul Dorsalei Medio-Atlantice. Conform programului, în vara anului 1974, la sud de insulele Azore și-au început activitatea flota compusă din batiscaful „Arhimede" (Franța), submersibilele „SP-3000" (Franța) și „Alvin" (S.U.A.), împreună cu cîteva nave de suprafață.

Programul prevede colectări de probe și cartări ale fundului în zona Dorsalei Medio-Atlantice, precum și amplasarea unor aparate capabile să transmită date asupra dinamicii expansiunii fundului și erupțiilor de material crustal.

Se prevede ca „Arhimede" — capabil să atingă adîncimi mari, dar mai ales în zone cu relief domol — să exploreze zonele de fractură. „SP-3000" urmează să fie utilizat pentru recunoașteri vizuale rapide și pentru cercetări în zona de rift. Submersibilul „Alvin", dotat cu o mare capacitate de manevră, va explora atît zonele de fractură, cît și valea de rift, inclusiv pereții săi (din *Geotimes*, vol. 17, nr. 12, 1974(—*D.J.*

[2] Insulă situată în Oceanul Atlantic (S.U.A., statul Massachusetts), la sud-est de golful Buzzard. — T.N.

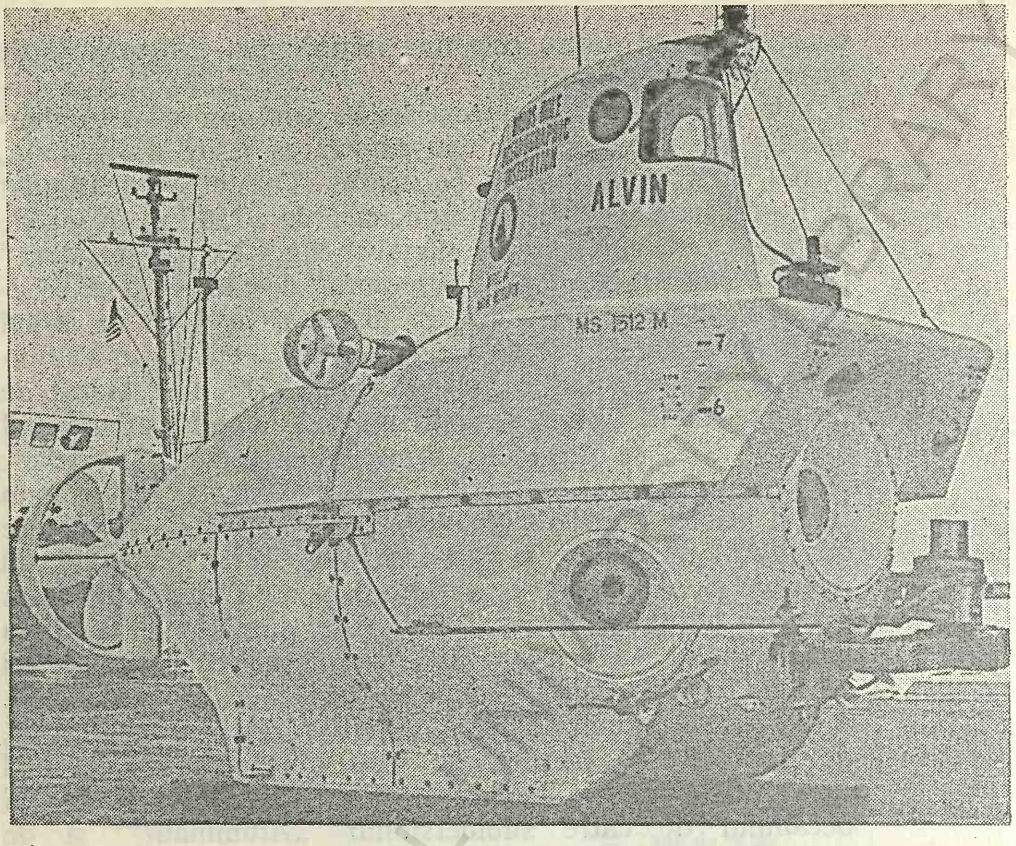


Fig. 4.9

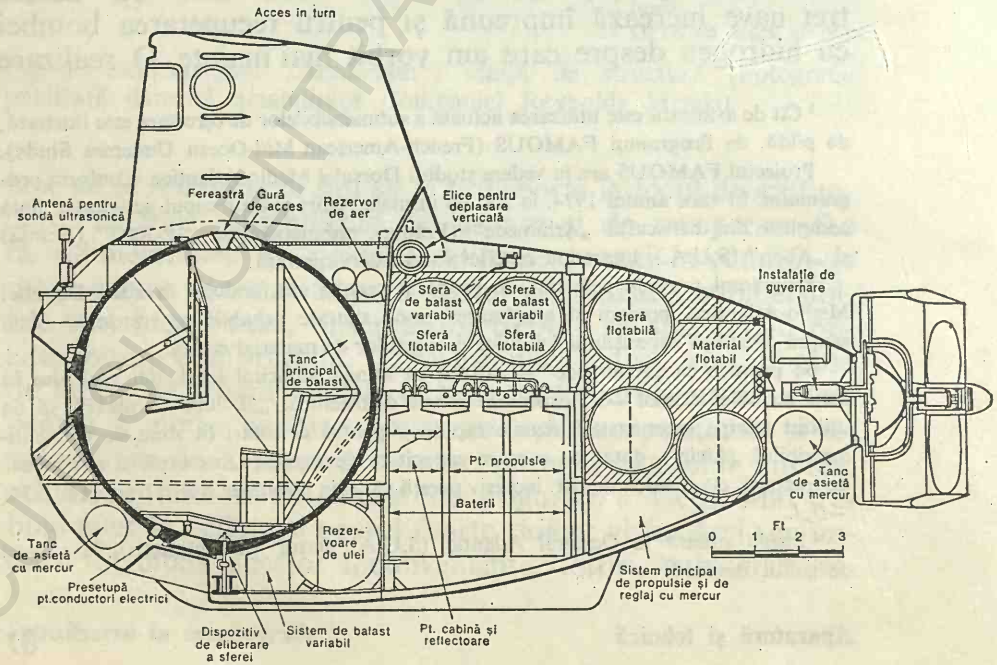


Fig. 4.10

BCU CENTRAL

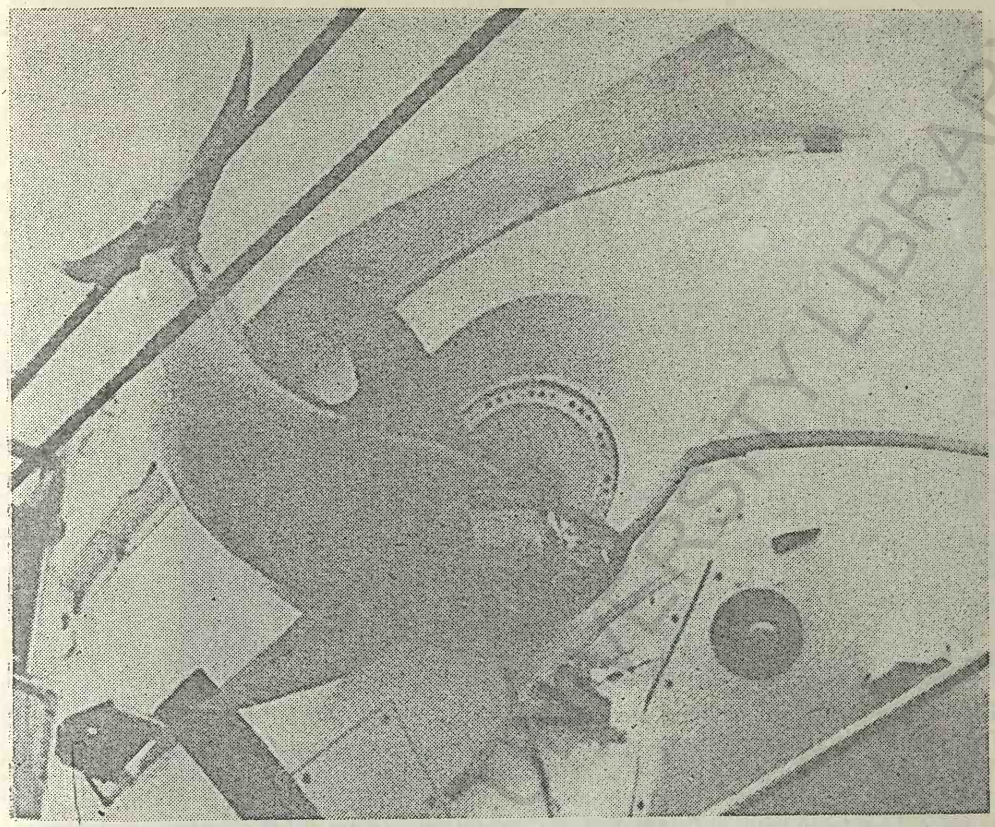


Fig. 4.11

Fig. 4.9 Submersibilul „Alvin", proprietatea marinei americane (Oficiul de Cercetări Navale), utilizat de Institutul Oceanografic din Woods Hole. Se poate vedea în partea dreaptă brațul mecanic, pierdut pe fundul mării și recuperat ulterior (vezi fig. 4.12). Dispozitivul de la partea superioară a turnului de navigație este un curentometru (Fotografie pusă la dispoziție de Institutul Oceanografic din Woods Hole).

Fig. 4.10 Secțiune a navei „Alvin". Submersibilul utilizează un sistem de balast variabil, care constă din sfere de aluminiu rezistente la presiune, parțial umplute cu ulei, comunicînd cu saci flexibili de cauciuc. Prin pomparea uleiului din sfere în saci se mărește volumul de apă dislocuit de navă (astfel crește și flotabilitatea, ceea ce face ca vehiculul să devină mai ușor), greutatea submersibilului rămînînd constantă (Fotografie pusă la dispoziție de Institutul Oceanografic din Woods Hole).

Fig. 4.11 Fotografia unui pește spadă care a atacat submersibilul „Alvin", agățîndu-se de coca sa. Peștele avea aproximativ 8 ft lungime și 200 lbs greutate (Zarudski, 1967). Echipajul de pe „Alvin" a pregătit o masă bună din acest pește (Fotografie pusă la dispoziție de Institutul Oceanografic din Woods Hole).

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

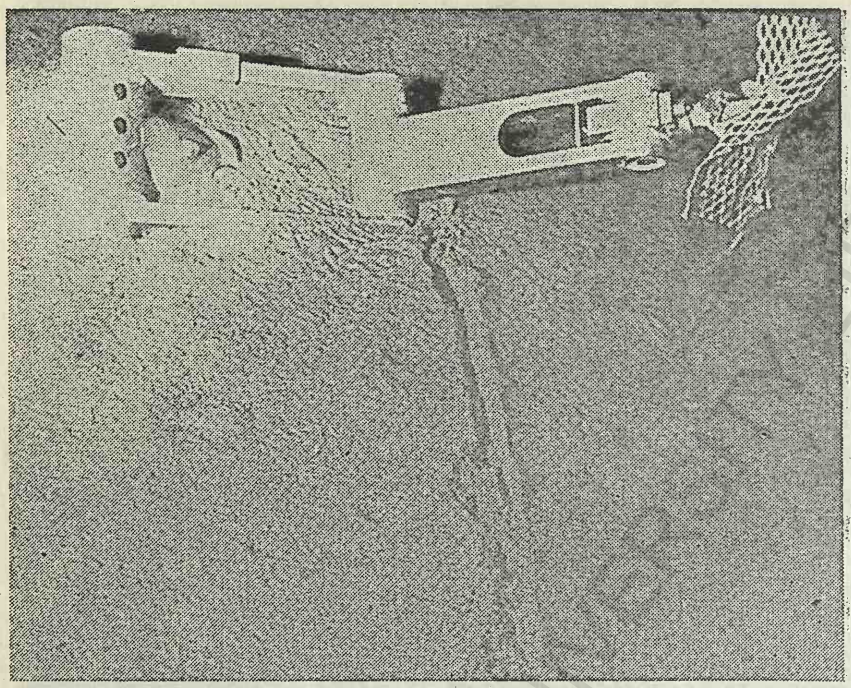


Fig. 4.12 Fotografia brațului mecanic al submersibilului „Alvin" aflat pe fundul mării la 1300 m adîncime și la aproximativ 160 km sud de Martha's Vineyard (Massachusetts). Brațul și proba au fost pierdute cu trei săptămîni înainte, fiind găsite și recuperate cu ocazia realizării acestei fotografii. Micul șanț din centrul fotografiei este efectul unei tentative de ridicare a brațului, făcută înainte de fotografiere (După K. O. Emery și D. A. Ross, *Deep Sea Research 15*, 1968).

deosebită este legată de „Ben Franklin", care, în anul 1969, a derivat în submersiune pe o distanță de 1650 de mile condus de apele Gulf Stream-ului.

În ceea ce privește aparatura scufundată cu cabluri și controlată de pe nava de suprafață ar putea fi considerată ca un tip de submersibil, deși omul nu participă direct la submersiune. Aparatele de acest fel (fig. 4.13) pot fi: a) remorcate de-a lungul fundului oceanic de nava de suprafață; b) suspendate de navă și c) autopropulsate.

Instrumentele suspendate de navă reprezintă tipul cel mai comun de aparate oceanografice; numeroase exemple de folosire a lor vor fi întîlnite în alte paragrafe ale lucrării. Aparatura remorcată de navă (fig. 4.14) a fost utilizată pentru întocmirea hărților de detaliu ale unor forme de relief

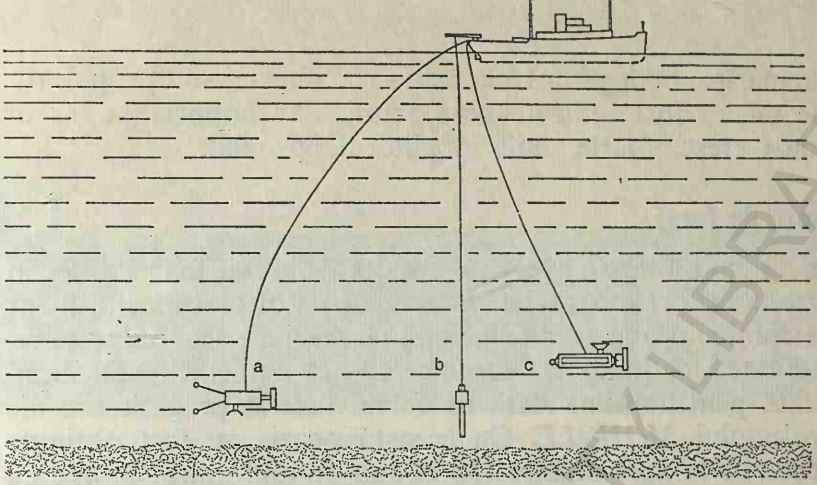
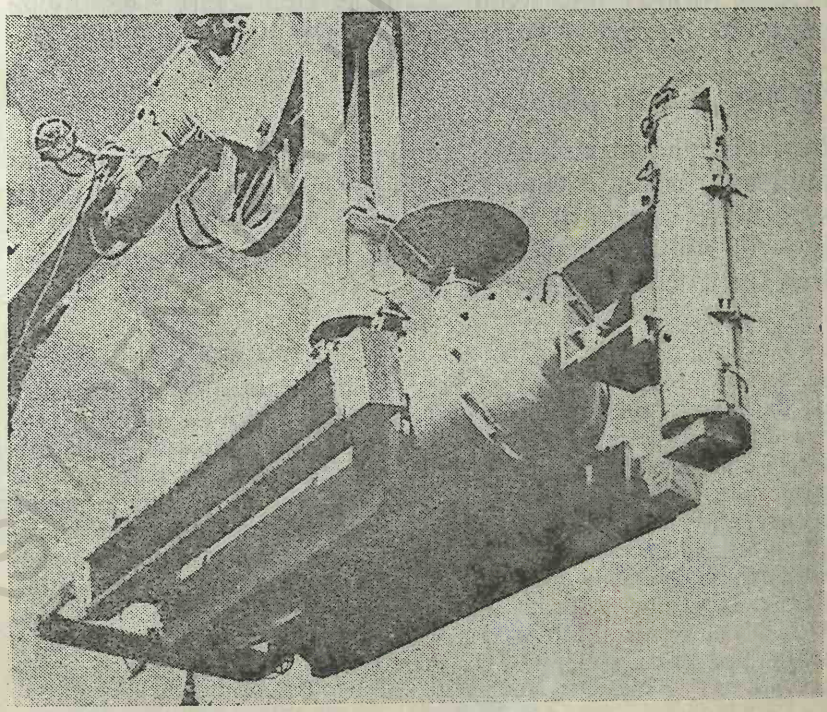


Fig. 4.13 Diferite tipuri de aparate ce sînt lansate la apă fiind atașate de navă: *a)* tip remorcat, *b)* tip suspendat, *c)* tip autopropulsat. De pe navă nu se lansează mai multe aparate simultan.

Fig. 4.14 Aparat remorcat pentru cercetări la mare adîncime, construit, în colaborare, de Oficiul de Cercetări Navale al Statelor Unite și Institutul Oceanografic Scripps. Acest aparat a fost utilizat pentru cartarea detaliată, batimetrică și magnetometrică, a unor zone ale fundului mării (Fotografie publicată prin amabilitatea lui J. D. Mudie, Laboratorul de Fizică Marină, Institutul Oceanografic Scripps).



submarin. În legătură cu aparatele imerse autopropulsate, ele nu au fost utilizate pînă acum, dar importanța lor ar putea crește foarte mult în viitorul apropiat.

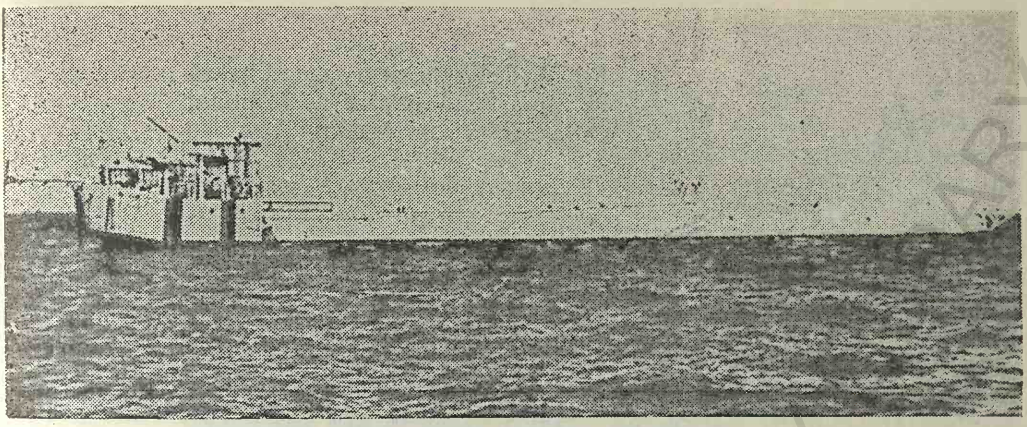
Nave de foraj

În ultimul timp, navele de foraj au devenit foarte utile în cercetarea oceanografică, în special datorită capacității lor de a obține probe de la adîncimi mai mari ale scoarței terestre. Utilitatea lor în zonele oceanice cu ape adînci a fost demonstrată pentru prima dată în cursul fazelor pregătitoare ale proiectului *MOHOLE*. Cu această ocazie au fost obținute probe de la aproximativ 180 m sub fundul mării, în ape cu adîncimi de 3500 m. Acesta a fost primul exemplu de foraj executat în mare adîncă; pentru navele și platformele de foraj ale companiilor petrolifere, forajul în ape cu adîncimi pînă la 300 m reprezintă operații de rutină. În anul 1965, pe platforma și panta continentală din estul Floridei au fost săpate șase găuri de sondă, în cadrul programului de foraj *JOIDES*. În perioada 1968—1972, în cadrul amplului Proiect de foraj marin adînc (DSDP), s-au efectuat numeroase foraje adînci avînd ca obiectiv caracterele geologice majore ale bazinelor oceanelor Atlantic, Pacific și Indian.

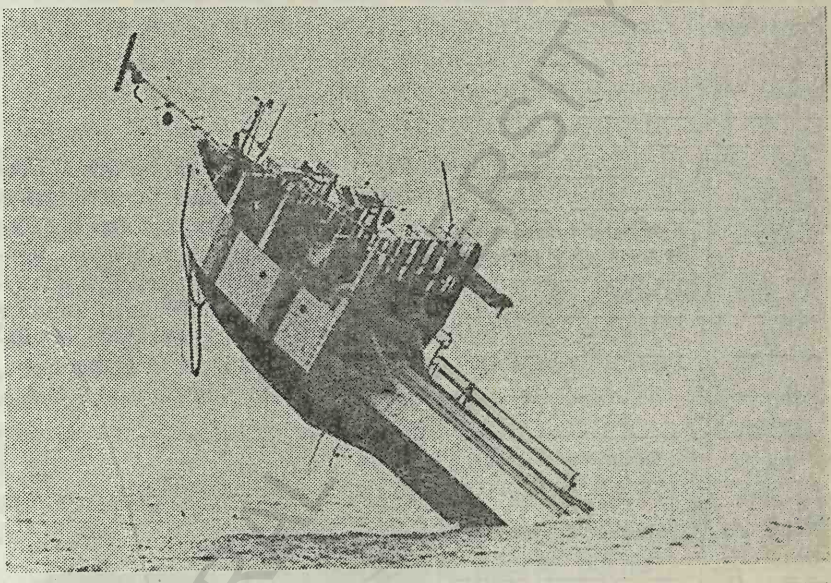
Platforme fixe și plutitoare

Prinse în gheața polară și derivînd odată cu aceasta mai mulți ani, navele „Maud" și „Fram" au adus contribuții importante cercetării oceanografice. A fost demonstrată în acest fel utilitatea stațiilor oceanice de observații, cu caracter permanent sau semipermanent.

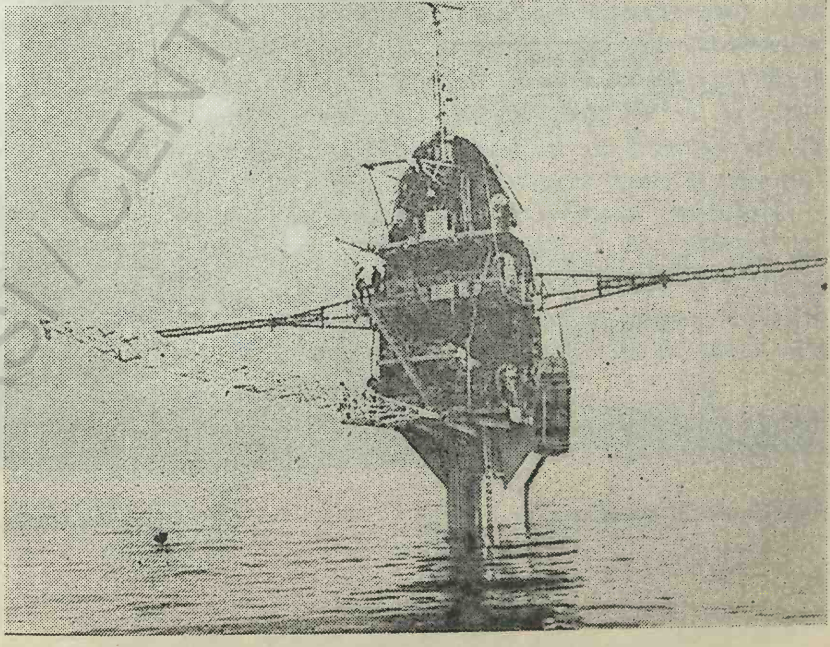
Fig. 4.15 a) „Flip", o platformă plutitoare cu lungimea de 355 ft proiectată de Laboratorul de Fizică Marină al Universității Californiei, Institutul Oceanografic Scripps, San Diego. Fotografia ilustrează poziția orizontală a platformei. În această poziție platforma este remorcată în locul de cercetare, tancurile de balast fiind inundate pentru a o aduce în poziția de lucru, verticală; b) „Flip" în timpul procesului de ridicare de la poziția orizontală la cea verticală, poziție în care oferă cercetătorilor o platformă extrem de stabilă de pe care se pot efectua diferite investigații științifice; c) în poziție verticală, deasupra apei rămîn numai 55 ft din cele 355 ft ai platformei „Flip". Macaralele extinse servesc la lansarea aparaturii în apă (Fotografie pusă la dispoziție de Institutul Oceanografic Scripps).



a



b



c

Fig. 4.15

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

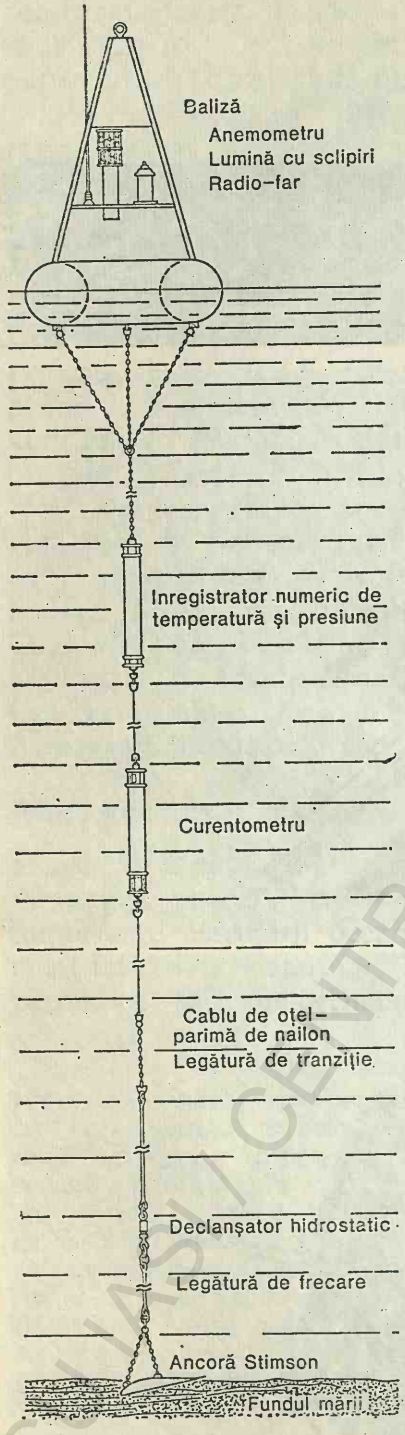
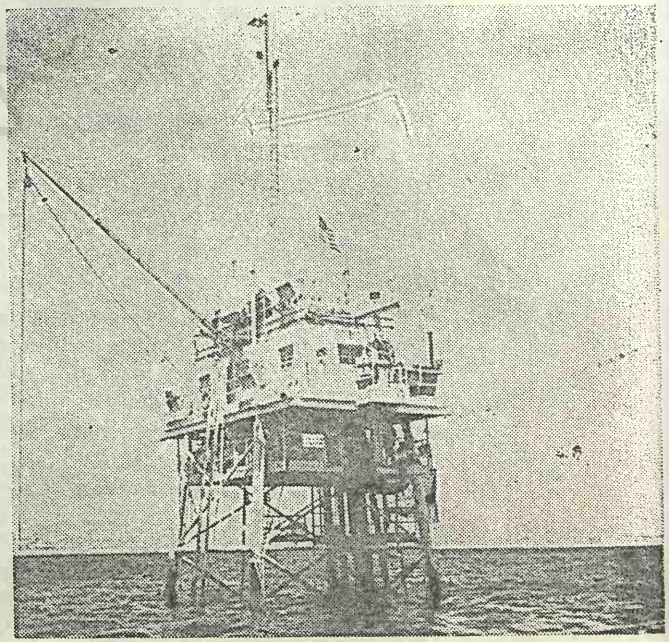


Fig. 4.16 Sistem cu o singură baliză de tipul celui utilizat de Institutul Oceanografic din Woods Hole.

Fig. 4.17 Turnul oceanografic al Centrului naval submarin al Marinei Statelor Unite. De cele trei bigi sînt atașate elemente sensibile la temperatură, care înregistrează și adîncimea stratelor acvatice cu o anumită temperatură (Fotografie publicată datorită amabilității lui E. C. La Fond, Centrul Naval Submarin al S.U.A.).



Prima stație pe ghețuri în derivă a funcționat în U.R.S.S., în anul 1939, în Oceanul Arctic. În S.U.A. a luat ființă în anul 1952 prima tabără științifică pe insula de gheață Fletcher, cunoscută, mai ales, sub denumirea de *T*-3. Traseul derivei acestei insule de gheață a fost ținut sub observație din anul 1947 pînă în anul 1964, cu ajutorul avioanelor sau al locuitorilor săi temporari.

Aceste platforme plutitoare, pe lîngă faptul că permit realizarea de observații oceanografice din regiunea polară, ele prezintă și avantajul efectuării de cercetări cu caracter geografic din domenii diferite ale acestei științe, studiindu-se multe fenomene arctice unice, cum ar fi aurorele, fenomenele magnetice și deriva ghețurilor.

Un nou tip de platformă oceanografică este „FLIP" (Floating Instrument Platform). În poziție verticală (fig. 4.15) FLIP este foarte stabilă, fiind influențat numai în mică măsură de agitația mării. Datorită stabilității sale, această aparatură a fost utilizată cu succes mai ales pentru studiul valurilor și al propagării sunetului în apă.

Sistemul de baliză ancorată (fig. 4.16) constituie un alt tip de platformă folosit în oceanografie. Balizele sau sistemele de balize pot fi plasate la suprafața oceanului sau pe fundul acestuia. De obicei, una sau mai multe balize sînt plasate la suprafață pentru a marca amplasamentul și pentru a servi la înmagazinarea informațiilor colectate de senzorii atașați de cablul balizei. Aceste balize de suprafață pot să înregistreze și date privind condițiile meteorologice, curenții de suprafață și valurile. Balizele imerse permit măsurarea precisă a curenților, deoarece cablul de amaraj este bine întins, iar mișcările verticale și orizontale ale sistemului sînt reduse. Baliza imersă poate fi dotată cu un generator de energie pentru înregistrarea datelor produse de anumite dispozitive de măsurare. Deseori cablul de amaraj are la capătul său un dispozitiv de decroșare care poate fi acționat la comandă, permițînd recuperarea sistemului de baliză.

Informațiile obținute pot fi colectate și înregistrate de anumite dispozitive ale balizelor, rămînînd în cadrul sistemului pînă cînd acesta este readus la bordul navei. Tipurile mai noi de balize transmit datele unei stații de pe țărm, sau le difuzează unui satelit.

Platformele fixe cu caracter permanent, prinse de fundul mării, au fost utilizate pentru măsurarea a numeroși parame-

tri de interes oceanografic. Aceste platforme sînt dotate cu turnuri de navigație, radar și aparate electronice de înregistrare. Costul relativ redus, în comparație cu cel al navelor, și condițiile de stabilitate ce permit efectuarea unor măsurători continui pe termen lung, reprezintă avantaje importante oferite de acest tip de platforme.

Un exemplu de platformă proiectată special pentru cercetări oceanografice îl constituie „U.S.Navy Undersea Center's tower" (Turnul oceanografic al Centrului naval submarin al Marinei Statelor Unite), amplasat la o milă în larg, față de Mission Beach, California (fig. 4.17). Această construcție

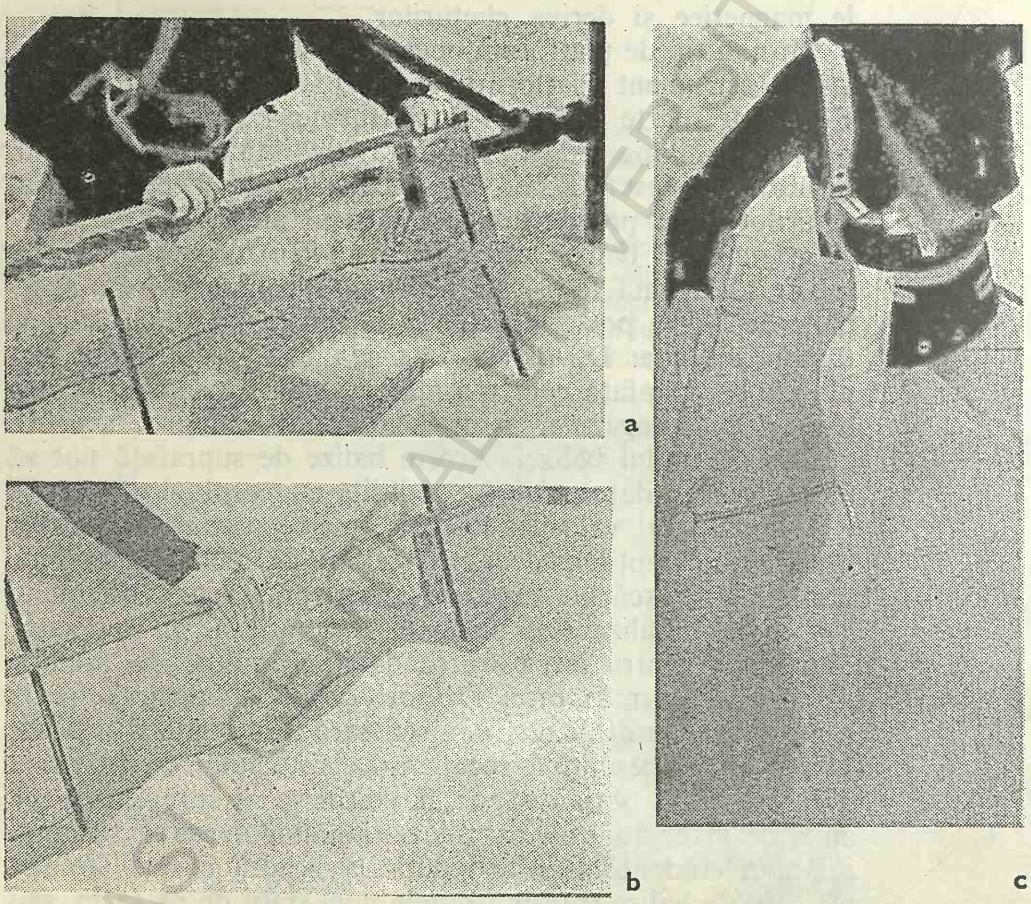


Fig. 4.18 Secvență de fotografii ilustrînd măsurarea și înregistrarea grafică (pe o placă gresată) a *ripple marks*-urilor, operație efectuată de un scufundător (Fotografie pusă la dispoziție de D. O. Owen, Institutul Oceanografic din Woods Hole).

înaltă de 90 ft este fixată pe piloni de oțel bătuți pînă la 63 ft în sedimentul de fund, într-o zonă unde adîncimea apei este de 60 ft.

Alte tipuri de aparatură

Omul însuși poate acționa ca un submersibil utilizînd costumul de scufundare autonomă (SCUBA). Scufundători experimentați au efectuat numeroase lucrări de explorare pe fundul mării, pînă la adîncimi de 50 de fathomi (30 ft) (fig. 4.18). Procedeele noi, care utilizează un amestec de gaze și camere portabile de decompresiune, vor permite omului să execute lucrări la adîncimi mari care necesită perioade de timp mai îndelungate[3].

În categoria aparatelor potențiale de cercetări oceanografice figurează și avioanele utilizate, dealtfel, în mod curent, în meteorologie și geofizică. În oceanografie ele pot măsura temperatura la suprafața mării, folosind termometre aeropurtate sensibile la radiații infraroșii; de asemenea, avioanele efectuează observații asupra sistemelor de valuri. Un nou dispozitiv este batitermograful nerecuperabil, care permite să se măsoare din avion temperatura apei oceanului pînă la adîncimea de 1000 ft. După lansarea sa în apă, dispozitivul transmite variațiile de temperatură înregistrate în timpul scufundării. Avionul mai poate fi utilizat și în domeniul biologiei, cum ar fi, de exemplu, urmărirea și observarea bancurilor de pești, sau în oceanografia fizică, pentru studierea curenților de suprafață, notîndu-se variațiile de temperatură și formarea valurilor în funcție de anumite condiții meteorologice.

Cercetările făcute prin intermediul sateliților prezintă, de asemenea, o valoare potențială pentru oceanografie. Datele furnizate de sateliți sînt deosebit de utile pentru navigație, întrucît ajută la localizarea icebergurilor, la urmărirea distri-

[3] Laboratoarele submarine ori submerse sînt instalații speciale care permit lucrul și asigură odihna unei echipe de cercetători la o anumită adîncime în apă. Prima instalație de acest fel aparține proiectului american *Man in the Sea* al lui Edwin Link. În același timp aproape, T.Y. Cousten a lansat *Precontinent I*, urmat de *Precontinent II* și *Precontinent III*. S.U.A. a dezvoltat apoi programele de cercetări cu grupul de laboratoare submarine de tipul *Sealab, Edalhab, Hydrolab* și *Tektite*. În Uniunea Sovietică s-au făcut cercetări în cadrul unor programe complexe cu laboratoarele *Kitiesh, Sadko, Ihtiandr, Sprat* și *Cernomor*. Alte țări care au întreprins sau întreprind cercetări cu acest tip de instalații sînt: Bulgaria (*Hebros* și *Shelf*), Polonia (*Meduza*) România (*L.S.I*), Olanda (*Kokel-bockel*), Australia (*UWL Adelaide*), Cehoslovacia (*Permon* și *Carnola*), R.F. Germania (*BAH* și *UWL Helgoland*), R. D. Germană (*Malter*). — *T.N.*

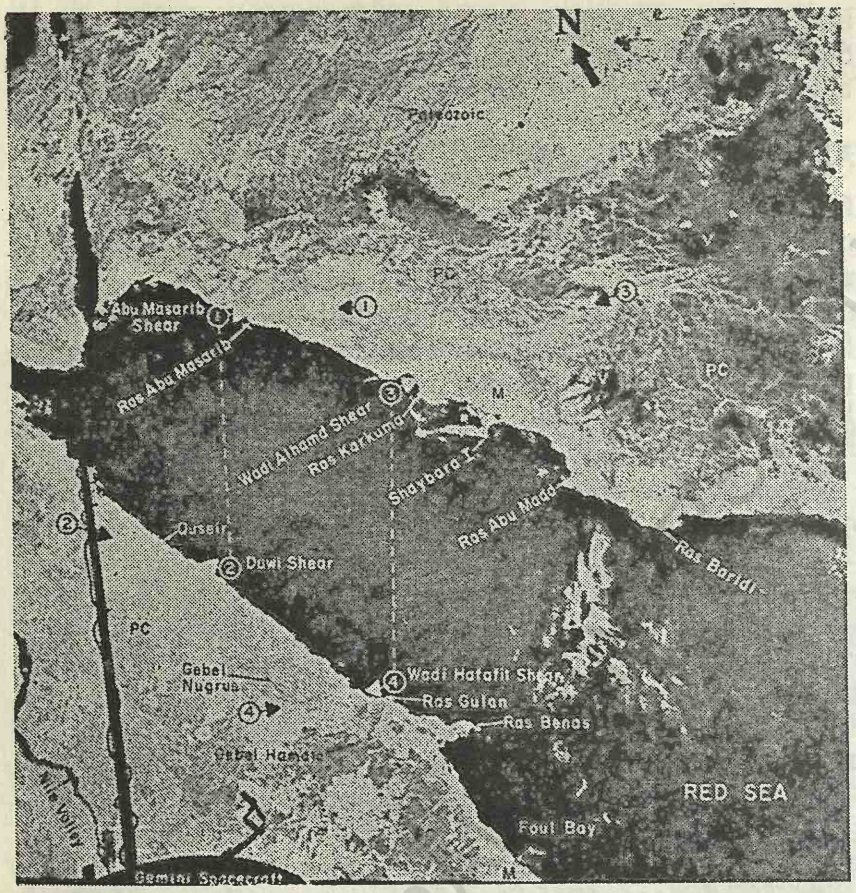


Fig. 4.19 O fotografie din satelitul Gemini XI, vizînd spre nord, de-a lungul Mării Roşii. În partea din stînga, sus, apar golful Aqabah şi Marea Moartă. Dr. Abdel-Gawad a folosit astfel de fotografii pentru a evidenţia zone din Peninsula Arabia (planul al doilea) şi din Africa (primul plan) care ar fi putut face parte iniţial dintr-un corp comun, de exemplu 1.1 (fractura Abu Masarib) şi 2.2 (fractura Duwi), divizat ulterior datorită unor mişcări terestre la scară mare (După Abdel-Gawad, 1969 şi N.A.S.A. Abdel-Gawad, M: „Geological structures of the Red Sea area inferred from satellite pictures"; fig. 3 din *Hot Brines and Recent Heavy Metal Deposits in the Red Sea*, editat de E. T. Degens şi D. A. Ross, New York: Springer Verlag, 1969).

buţiei organismelor marine, dau indicaţii preţioase asupra vremii. Fotografiile suprafeţei terestre obţinute din sateliţi (fig. 4.19) pot fi utilizate pentru studiul curenţilor şi al structurilor geologice, ca şi pentru situarea zonelor cu mare productivitate biologică.

Navigația

Navigația, adică cunoașterea poziției și dirijarea deplasării unei nave pe mare, are o importanță esențială pentru lucrările oceanografice. Poziția unei nave nu poate fi, totuși, determinată cu mare exactitate folosind tehnicile navigației.

Una dintre cele mai simple metode o constituie navigația estimată. Poziția inițială a navei se determină fie prin observații la o stea, fie prin referire la un reper de pe uscat după care se trasează drumul care ar conduce vasul spre destinația dorită. Cunoscînd viteza navei, se poate estima poziția sa în orice moment (fig. 4.20 a). Precizia acestei metode este însă redusă datorită acțiunii exercitate de curenți, vînturi și valuri asupra navei. Abaterile de la poziția finală anticipată și întîrzierea sau devansarea timpului de sosire a navei oferă, cu toate acestea, unele informații referitoare la curenții oceanici și curenții de aer.

Cînd navigația se desfășoară la o distanță mai mică de 50 de mile de țărm, pot fi utilizate mai multe metode de observație. Poziția unei nave poate fi localizată cu sextantul, măsurînd unghiurile orizontale dintre trei obiecte de pe uscat a căror poziție este bine cunoscută (fig. 4.20 b), iar cu ajutorul radarului (fig. 4.20 c), vizînd cîteva repere terestre, se determină distanțe și relevmente (unghiuri). Cu un radar bun pot fi obținute poziții cu precizie de cîteva sute de metri, dar erorile sînt, de obicei, mai mari. Instalînd în cuprinsul zonei de studiu balize cu reflectoare radar, toate pozițiile pot fi stabilite prin referire la aceste balize. Acest gen de determinări poate fi foarte precis ($\pm$50 m), dar determinarea poziției unei zone de ocean cercetate poate prezenta erori pînă la 2 km.

Dacă topografia fundului unei regiuni oceanice este cunoscută, harta întocmită poate fi un ajutor prețios în navigație. De exemplu, poziția unei nave poate fi stabilită cu ajutorul hărții batimetrice, în momentul în care aceasta traversează forme deja cunoscute ale reliefului submarin. Tehnica respectivă este condiționată însă de utilizarea unui echipament de sondaj acustic (vezi capitolul următor).

Atunci cînd nava se află la mai puțin de 1000 de mile de țărm, poziția sa poate fi determinată cu ajutorul unor sisteme electronice. „LORAN", unul dintre sistemele de navigație cu cea mai largă utilizare, folosește stații terestre ce

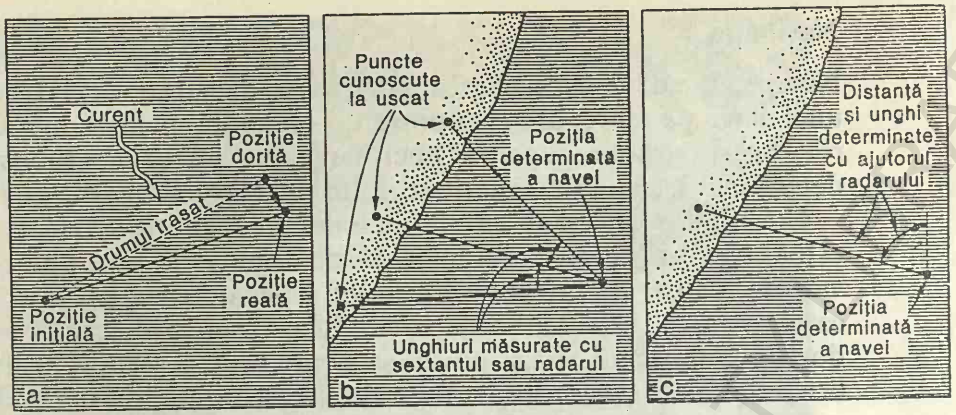


Fig. 4.20 Diferite metode de navigație: a) navigație estimată; b) folosind relevmente; c) cunoscînd distanța și relevmentul.

emit semnale electronice și compară timpul de sosire a două dintre aceste semnale. Diferența de timp care apare la recepționarea semnalelor indică distanța dintre navă și stația respectivă. Luînd în considerare două sau mai multe perechi de stații, poziția navei se poate estima cu mare precizie ($\pm$50 m). Principalul inconvenient al acestor tehnici electronice rezidă în faptul că în multe regiuni geografice ale lumii nu sînt instalate stații emițătoare pe uscat.[4]

Sistemul navigației cu ajutorul sateliților artificiali este folosit numai de acele nave oceanografice bine utilate. Această tehnică este utilizată de puține nave, întrucît necesită echipament electronic costisitor.

Principala metodă de a obține poziția unei nave atunci cînd nu pot fi vizate repere terestre și nava se află în afara domeniului de acțiune a dispozitivelor electronice este navigația astronomică. Tehnica poziționării navelor prin observații la aștri are o vechime de multe secole. Precizia acestei metode depinde de abilitatea observatorului și este, în cel mai bun caz, de aproximativ $\pm$2 km.

[4]Aparatele „LORAN" (cuvîntul reprezintă prescurtarea de la *Long Range Navigation*) sînt folosite pentru determinarea punctului unde se află nava, atunci cînd zona de coastă este foarte departe.

În navigația din apropierea coastelor, determinarea punctului se face cu aparate *SHORAN* (*Short Range Navigation*) cum sînt DECA navigatorul, radiogoniometrul, radarul etc.

Dacă pentru navigația pe baza LORAN-ului eroarea poate ajunge la $\pm$5 mile, la navigația pe baza SHORAN-ului eroarea punctului determinat ajunge la $\pm$ 50 m.

Metode de sondaj

Pînă la apariția tehnicii electronice, sondajul, adică determinarea adîncimii oceanului, se realiza cu ajutorul unui cablu solid, marcat, notîndu-se cîte marcaje au fost coborîte pînă în momentul atingerii fundului mării. Acest procedeu greoi nu conducea totdeauna la rezultate corecte, una dintre cauze constituind-o faptul că acest cablu putea fi oricînd deviat de la verticală de curenții de suprafață sau de însăși deplasarea navei. De adăugat că se obțineau doar măsurători izolate ale adîncimii apei, care nu puteau oferi o imagine completă a reliefului fundului oceanic. Prin punerea la punct a metodei de sondaj, bazată pe impulsuri sonice controlate (numită sondaj acustic), au fost rezolvate inconvenientele menționate.

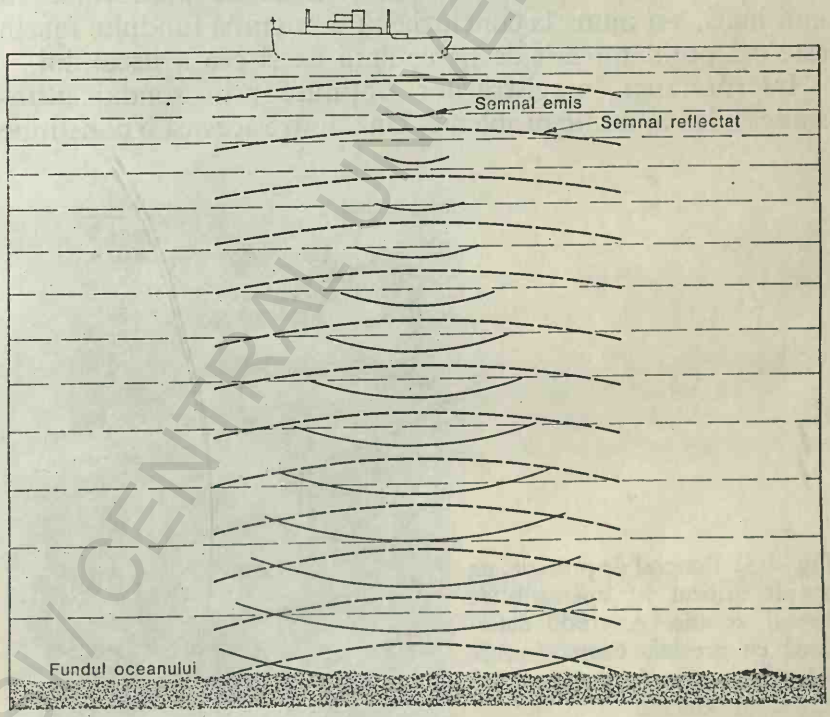


Fig. 4.21 Metoda sondajului acustic. Semnalul sonor emis de navă se propagă spre fundul oceanului, unda sonoră fiind reflectată înapoi spre navă. Timpul de propagare a sunetului poate fi utilizat pentru determinarea adîncimii apei.

Sondajul acustic constă, în principiu, în emiterea de către un aparat de pe navă a unui semnal sau impuls sonor care se propagă prin apă spre fundul oceanului, de unde este reflectat și revine la navă (fig. 4.21). Timpul necesar semnalului acustic pentru a parcurge această distanță este măsurat. După aplicarea corecțiilor necesare, în funcție de viteza sunetului în mediul acvatic respectiv, se poate calcula adîncimea apei. Sau, cu alte cuvinte, adîncimea apei este egală cu jumătatea timpului de propagare (jumătate descendentă și jumătate ascendentă) înmulțită cu viteza de propagare a sunetului în apă.

O sondă ultrasonică modernă (ecograf) (fig. 4.22) înregistrează grafic, în mod continuu, recepția impulsului reflectat (fig. 4.23 a), aceste înregistrări oferind oceanografului o imagine mai completă asupra topografiei fundului oceanic. Astfel, ecogramele au arătat că pe fundul oceanului se găsesc zone muntoase întinse, văi și zone de platformă. În linii mari, s-a ajuns la concluzia că topografia fundului marin este cel puțin tot atît de neregulată ca și cea a uscatului.

Interpretarea înregistrărilor obținute prin sondaj ultrasonic ridică anumite probleme. Una dintre acestea o constituie

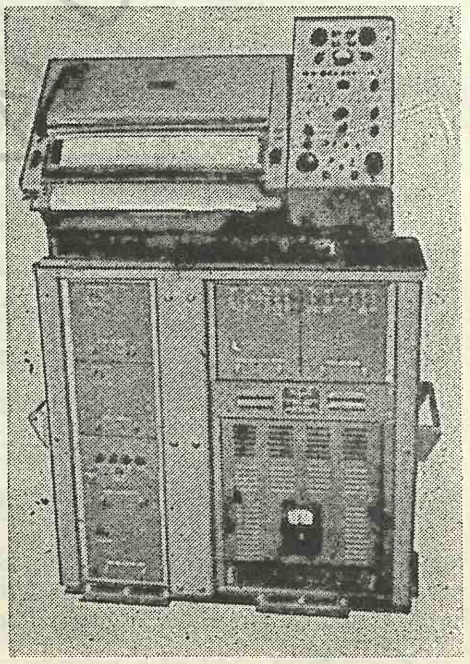


Fig. 4.22 Ecograf de precizie, un aparat utilizat în operațiile de sondaj acustic. Aparatul determină cu precizie timpul în care sunetul a atins fundul și s-a reîntors, producînd și o înregistrare vizuală a semnalelor reflectate (vezi fig. 4.23) (Fotografie pusă la dispoziție de Institutul Oceanografic din Woods Hole).

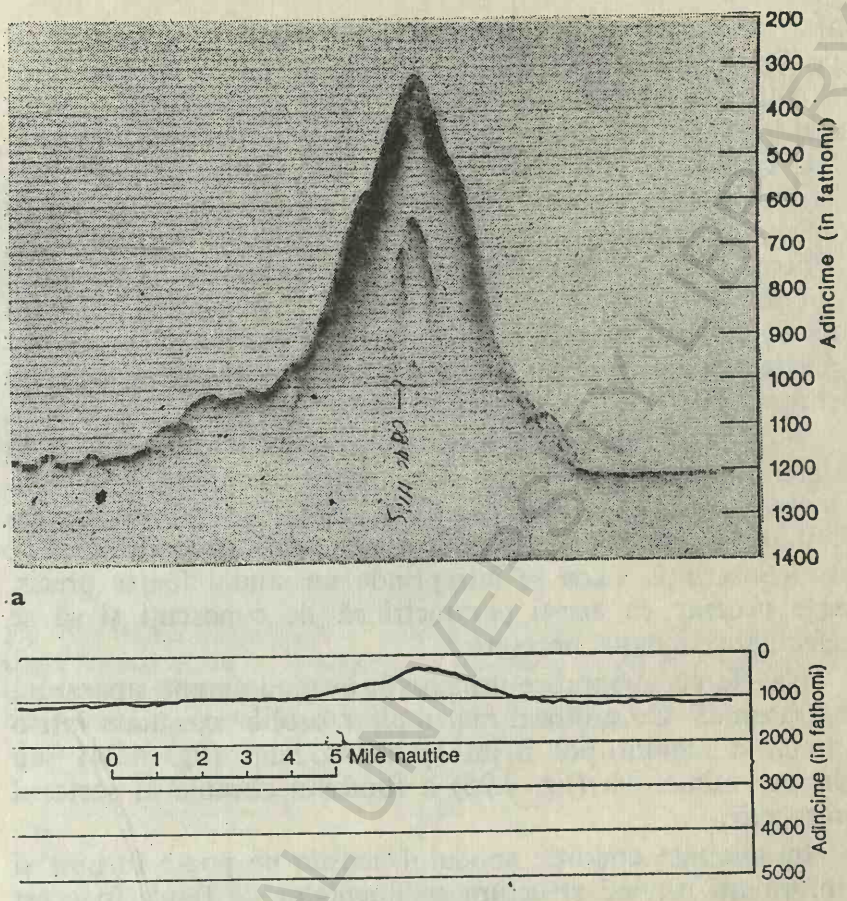


Fig. 4.23 a) Ecogramă efectuată în zona unui mare deal submarin, care este probabil un vulcan submers. Scara verticală a înregistrării este exagerată de 12 ori (Fotografie pusă la dispoziție de Institutul Oceanografic din Woods Hole); b) Aceleași date reproduse fără exagerarea scării verticale.

exagerarea scării. Dacă presupunem că nava de la suprafață se deplasează cu o viteză de aproximativ 10 sau 12 noduri, aceasta reprezintă scara orizontală a înregistrării. Adîncimea apei, de obicei măsurată în sute de fathomi, este redată pe scara verticală, care este exagerat mai mică în comparație cu scara orizontală. Cu alte cuvinte, o scară este în sute de picioare, iar cealaltă în mii de picioare. Și aceasta pentru că dacă cele două scări ar avea dimensiuni egale (fig. 4.23 b)

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

ar fi foarte dificil de observat vreun detaliu al reliefului de pe fundul oceanului.

Altă problemă este cea legată de forma fasciculului sonor emis. Acesta constituie un con larg, care acoperă o suprafață circulară mare în momentul în care atinge fundul mării. Primul semnal sonor reflectat provine din punctul cel mai apropiat de navă, mascînd sau umbrind ecourile următoare. Uneori, însă, de exemplu în cazul canioanelor și al munților submarini, punctul cel mai apropiat nu se află pe verticala navei. Efectul descris face dificilă definirea exactă a unor particularități minore ale reliefului fundului mării, precum și aprecierea dacă aceste caractere se află exact sub navă.

A treia problemă ridicată de sondajul acustic constă în determinarea vitezei reale de propagare a undelor în apă. Viteza sunetului crește odată cu creșterea temperaturii, salinității și adîncimii (vezi prezentarea detaliată în capitolul 7). În consecință, dacă se întreprinde un studiu foarte precis, este necesar ca acești parametri să fie cunoscuți și să se efectueze corecțiile necesare.

Navele oceanografice utilizează, în mod curent, aparatura ultrasonică. Cu ajutorul mai multor profile executate într-o anumită regiune pot fi întocmite modelul (fig. 4.24) sau harta batimetrică (fig. 4.25) a fundului oceanic în sectorul respectiv.

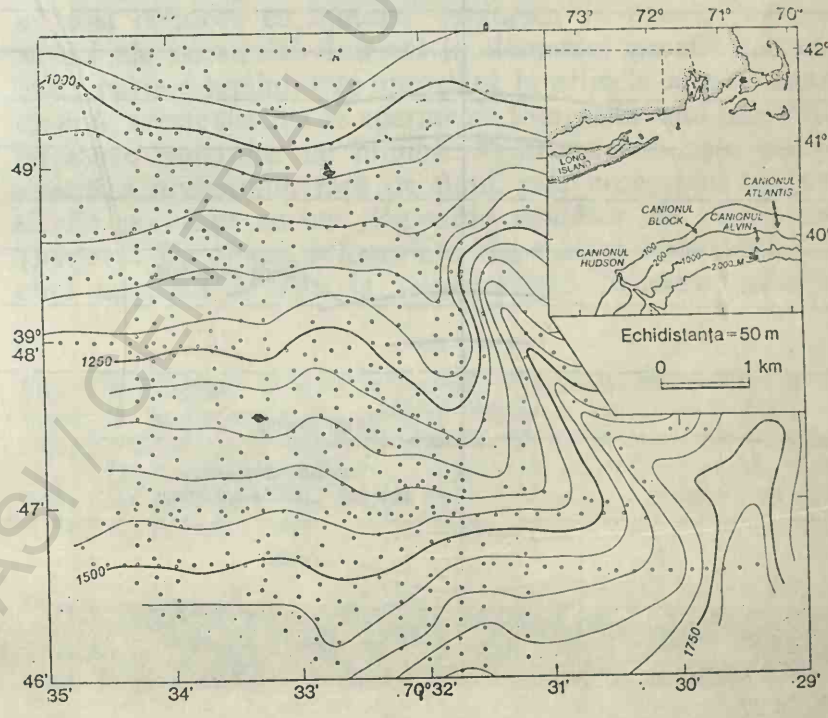
În anumite condiții, sondajul acustic ne poate furniza și informații privind structura sedimentelor de fund. În acest caz, o parte a energiei sonice este reflectată de stratele aflate sub suprafața fundului marin, iar înregistrarea rezultată va reprezenta o secțiune cu grosimea de cîțiva metri prin sedimentele superficiale de fund (fig. 4.26). Utilizînd o energie sonică considerabil mai mare, prin procedee similare de geofizică marină se pot obține reflexii furnizate de strate aflate la doi sau mai mulți kilometri sub suprafața fundului oceanic (vezi fig. 8.34 și 8.39).

Dispozitive pentru determinarea poziției aparatelor (pingers)

În cercetările oceanografice sînt utilizate anumite tipuri de dispozitive pentru cunoașterea poziției aparatelor suspendate pe cablu, față de fundul mării. Fiind atașat pe cablu, lîngă aparatele a căror poziție trebuie cunoscută, dispozitivul emite semnale sonore la intervale precise, de obicei

Fig. 4.24 Modelul unei mici porțiuni a Dorsalei Medio-Atlantice întocmit după datele prezentate de numeroase profile prin ecografiere (Model construit de R. M. Pratt).

Fig. 4.25 Harta batimetrică a unei părți a pantei continentale din largul coastei estice a Statelor Unite. Punctele reprezintă determinări individuale ale adîncimii, pe baza cărora a fost întocmită harta. Schița din dreapta sus indică localizarea zonei cartate (După K. O. Emery și D. A. Ross, *Deep Sea Research 15*, 1968).



BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

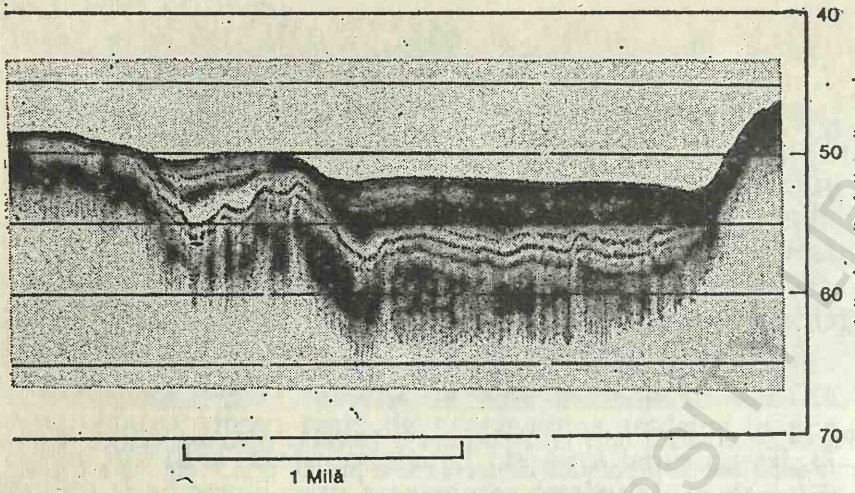


Fig. 4.26

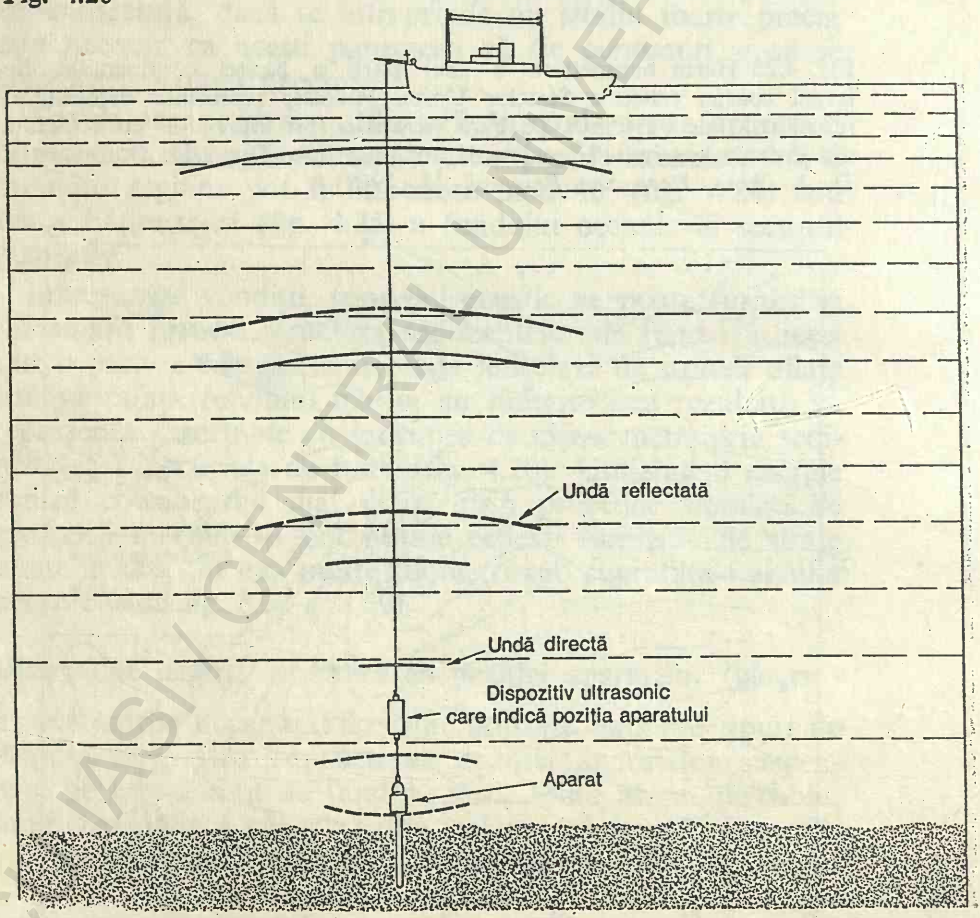


Fig. 4.27

reprezentînd exact o secundă. Sonda ultrasonică a navei primește semnalul direct (nereflectat) ca și pe cel reflectat. Diferența de timp dintre înregistrarea celor două semnale indică înălțimea la care se află dispozitivul deasupra fundului (fig. 4.27). Au mai fost proiectate dispozitive complicate, telemetrice, pentru măsurarea temperaturii sau a altor variabile, informațiile fiind transmise sondei acustice a navei.

Alte dispozitive

Dintre dispozitivele care-și găsesc aplicații în toate domeniile oceanografiei amintim: aparatele de fotografiat sub apă, televiziunea submarină și sonarul lateral.

Cunoscuta expresie că o fotografie valorează cît o mie de cuvinte, se potrivește foarte bine și în cazul oceanografiei. Fotografiile făcute sub apă joacă un rol deosebit de important în cercetarea oceanografică. Ele pot fi utilizate pentru studiul sedimentelor și al rocilor care se găsesc pe fundul oceanelor, pentru cunoașterea activității biologice, precum și pentru evidențierea ondulațiilor create de curenții acvatici, cum sînt *ripple-marks*-urile, și a urmelor de eroziune. Aparate de fotografiat (fig. 4.28) protejate împotriva presiunii apei au fost coborîte cu ajutorul cablurilor în zonele cele mai adînci ale oceanului. Întrucît în domeniul acvatic cea mai mare parte a luminii este absorbită, în primele sute de metri, de apă, aceste sisteme de aparate de fotografiat sînt înzestrate cu surse puternice de lumină. Pentru a cunoaște poziția exactă a aparatului, față de fund, este necesar ca sistemul să fie prevăzut cu un dispozitiv emițător de ultrasunete *(pinger)*. De obicei, fotografiile (fig. 4.29 și 4.30) sînt făcute cînd aparatul se află la numai cîteva picioare deasupra

Fig. 4.26 Ecogramă ce pune în evidență stratificația sub sedimentele de suprafață. Aceste strate sînt probabil datorate diferențelor litologice, de exemplu alternanțe de sedimente argiloase și sedimente nisipoase. Exagerare verticală de aproape 50 de ori. Acest profil a fost înregistrat în Marea Baltică de cercetători din Woods Hole (Publicat cu permisiunea Institutului Oceanografic din Woods Hole).

Fig. 4.27 Utilizarea unui dispozitiv ultrasonic *(pinger)* pentru determinarea poziției relative deasupra fundului. Diferența timpilor de sosire a impulsului direct și a celui reflectat indică înălțimea deasupra fundului. Dacă *pinger*-ul ar fi pe fund, ambele impulsuri ar ajunge în același timp.

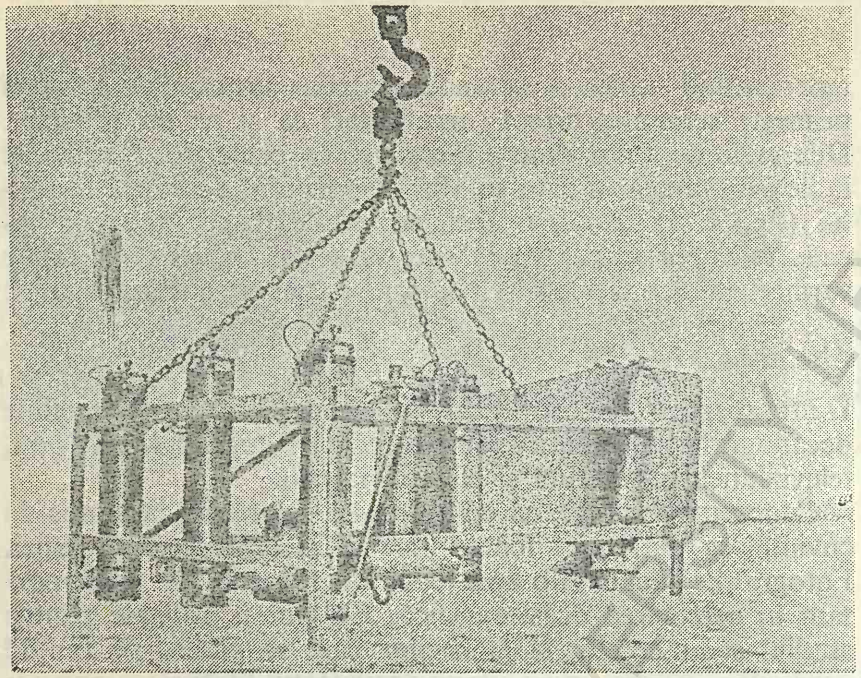


Fig. 4.28 Sistem pentru fotografiere submarină cu aparate multiple. Sursa de lumină apare în dreapta, aparatele de fotografiat în stînga, iar în centru — sursa sonoră pentru determinarea poziției deasupra fundului (Fotografie pusă la dispoziție de Institutul Oceanografic din Woods Hole).

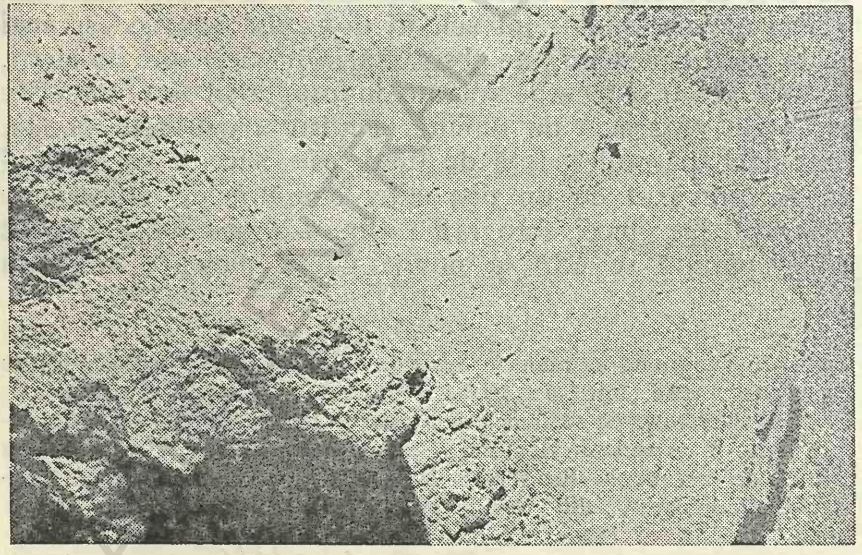


Fig. 4.29 Fotografie realizată în Fosa Puerto Rico (19°59'N, 66°30'V) de nava de cercetări „Chain", utilizînd aparatură similară cu cea din fig. 4.28 (Fotografie publicată cu permisiunea Institutului Oceanografic din Woods Hole).

BOSTON UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 4.30 Fotografie submarină efectuată de pe nava „Chain" la adîncimea de 4000 m, în Fosa Romanche (la ecuator, în zona Dorsalei Medio-Atlantice). Obiectul tîrît pe fund este o busolă. Din păcate este trasă spre un holoturid — un castravete de mare; o fotografie ulterioară nu a arătat ce i s-a întîmplat animalului (Fotografie pusă la dispoziție de Institutul Oceanografic din Woods Hole).

fundului. Majoritatea sistemelor de aparate de fotografiat realizează cîteva sute de poziții la fiecare coborîre. Cînd aparatul se apropie de fund, un operator aflat pe navă, orientîndu-se după indicațiile date de emițătorul ultrasonor, caută să mențină aparatul la cîteva picioare deasupra fundului oceanic. Această operație este necesară pentru ca obiectul ce urmează a fi fotografiat să ajungă în cîmpul optic al aparatului, iar fotografiile rezultate să fie clare. Uneori se folosesc două aparate, pentru obținerea de fotografii stereoscopice, care permit să se măsoare dimensiunile unor structuri la scară mică ale fundului.

Deși nu sînt utilizate în aceeași măsură ca aparatele de fotografiat, camerele de televiziune subacvatică prezintă avan-

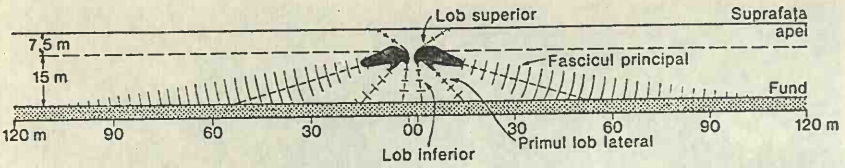


Fig. 4.31 Modul de lucru al unui sonar lateral (După Sanders şi colab., 1968).

taje unice, în special posibilitatea de a observa continuu o anumită zonă a fundului marin sau a apei acoperitoare. Încă din anul 1963 Institutul de Ştiinţe Marine al Universităţii din Miami a utilizat un sistem de televiziune subacvatică în apropierea insulelor Bahamas, la adîncimea de 20 m. Au fost obţinute cu acest prilej informaţii preţioase cu privire la comportarea organismelor marine. Televiziunea subacvatică se confruntă şi cu unele dificultăţi, printre care şi aceea că în timpul lucrului peştii se adună în jurul camerei de luat vederi şi îi blochează uneori complet obiectivul. În alte cazuri, în lentila camerei se încrustează organisme, situaţie care poate fi prevenită prin acoperirea lentilei cu o peliculă toxică pentru aceste vieţuitoare.

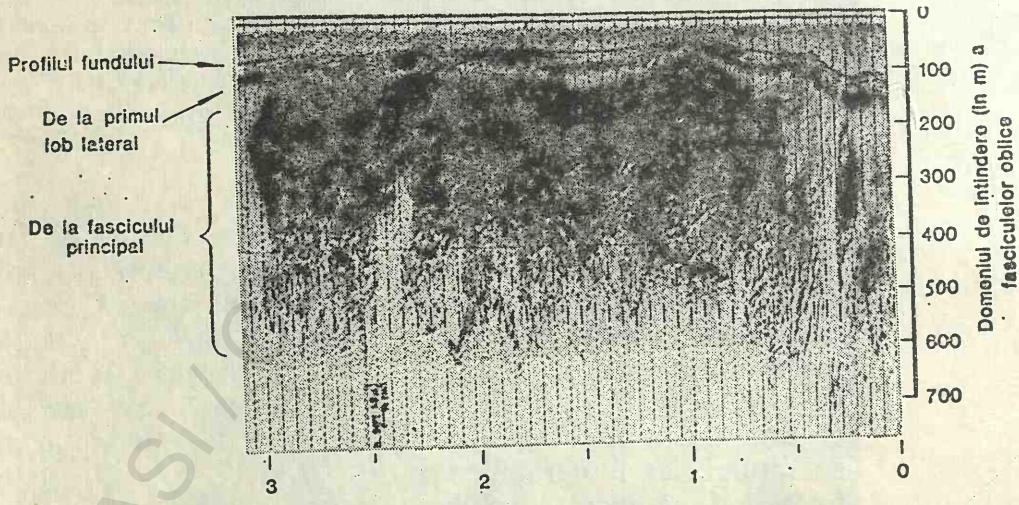


Fig. 4.32 Jumătatea laterală a unei înregistrări cu sonarul lateral efectuată deasupra unui rid al fundului, în golful Maine. Vezi Fig. 4.31 pentru explicarea diferitelor reflexii. Suprafaţa cu neregularităţi evidenţiază fund stîncos, iar cea netedă indică nisip şi pietriş vălurit (culoare închisă) şi nisip plat (culoare deschisă) (După Sanders şi colab., 1969).

În mod obișnuit, televiziunea subacvatică este însoțită de aparate specializate ce efectuează măsurători privind: curenții, temperatura apei și luminozitatea. Se obține, astfel, un complex de date care poate fi util pentru înțelegerea ecologiei organismelor marine.

Sonarul lateral este un aparat relativ nou și interesant. În principiu, el este similar sonarului convențional sau echipamentului de sondaj acustic, dar transmite impulsuri acustice oblice și nu verticale ca în cazul sondei ultrasonice (fig. 4.31). Diferența de intensitate a semnalelor reflectate de fundul oceanic poate fi utilizată uneori pentru a distinge diferitele tipuri de sedimente (de exemplu, nisip și pietriș), sau la observarea altor obiective de pe fundul oceanului, cum ar fi prezența unor epave. Diferențele de intensitate menționate se explică prin reflectarea mai intensă a sunetului de către zonele stîncoase sau nisipoase ale fundului, a căror pantă este orientată spre aparat. Porțiunile acoperite cu sedimente fine sau care formează o suprafață netedă nu au aceeași capacitate de reflectare (fig. 4.32). Posibilitatea acestui mecanism de a detecta epavele ar putea fi foarte utilă în studiile arheologice submarine, ca și pentru localizarea și recuperarea navelor scufundate. De asemenea, el ar putea da indicații în vederea evaluării resurselor minerale din zona platformei continentale.

APARATURĂ ȘI TEHNICĂ SPECIALĂ

În cele ce urmează vom descrie unele aparate utilizate în anumite ramuri ale oceanografiei. De fapt, diferențierea aparaturii pe domenii este artificială, căci rareori un aparat este întrebuințat, în exclusivitate, numai pentru cercetări într-o anumită disciplină. Pentru ca prezentarea să fie mai sistematică, am schematizat cîmpul cercetărilor oceanografice prezentînd instrumentele și metodele folosite cel mai frecvent.

Oceanografia chimică

Oceanograful chimist studiază, în special, distribuția și varietatea componenților apei de mare și cauzele acestei distribuții. În acest scop îi sînt necesare probe de apă și metode de detectare a elementelor sau compușilor apei. Dispozitivul

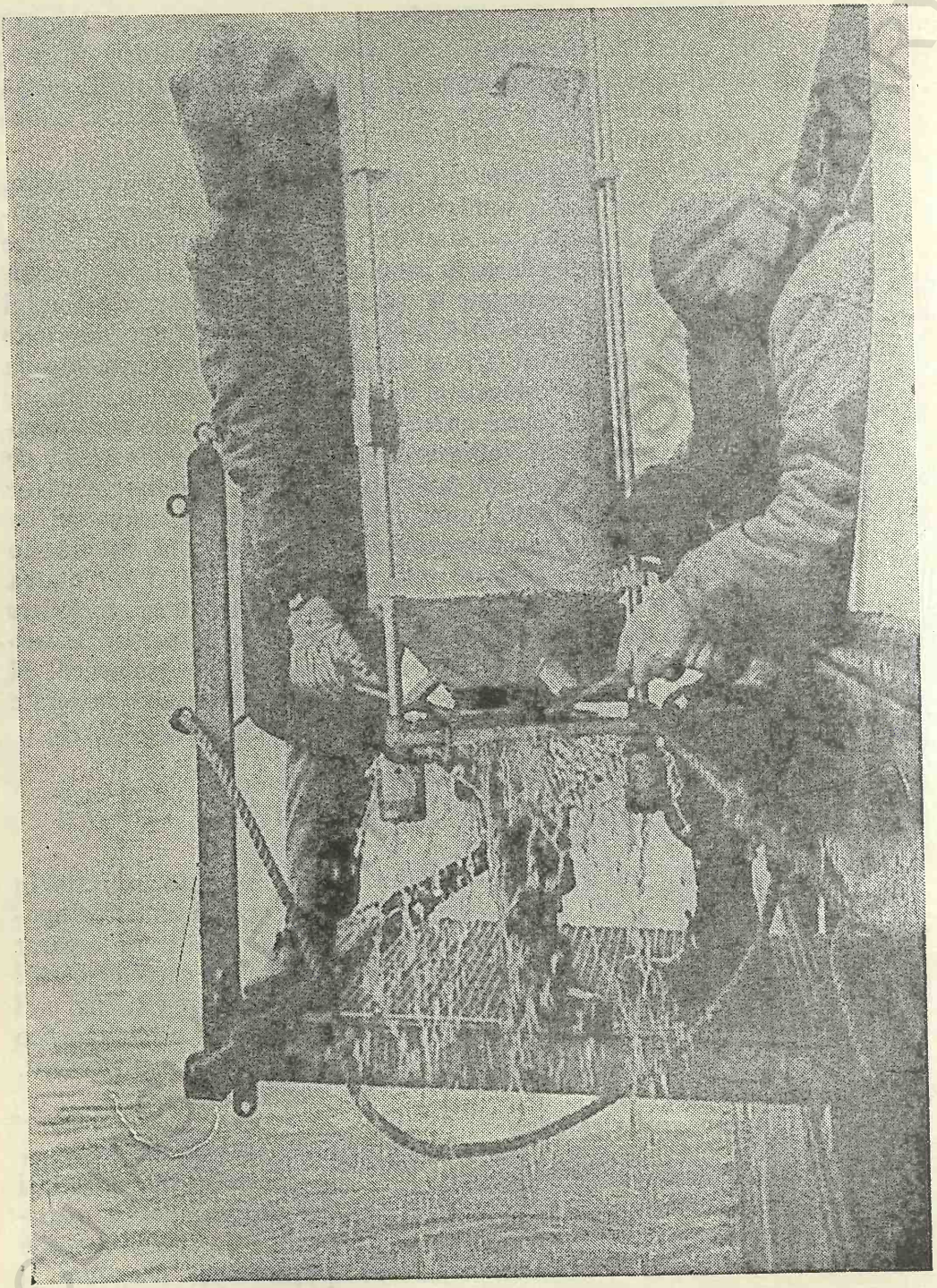
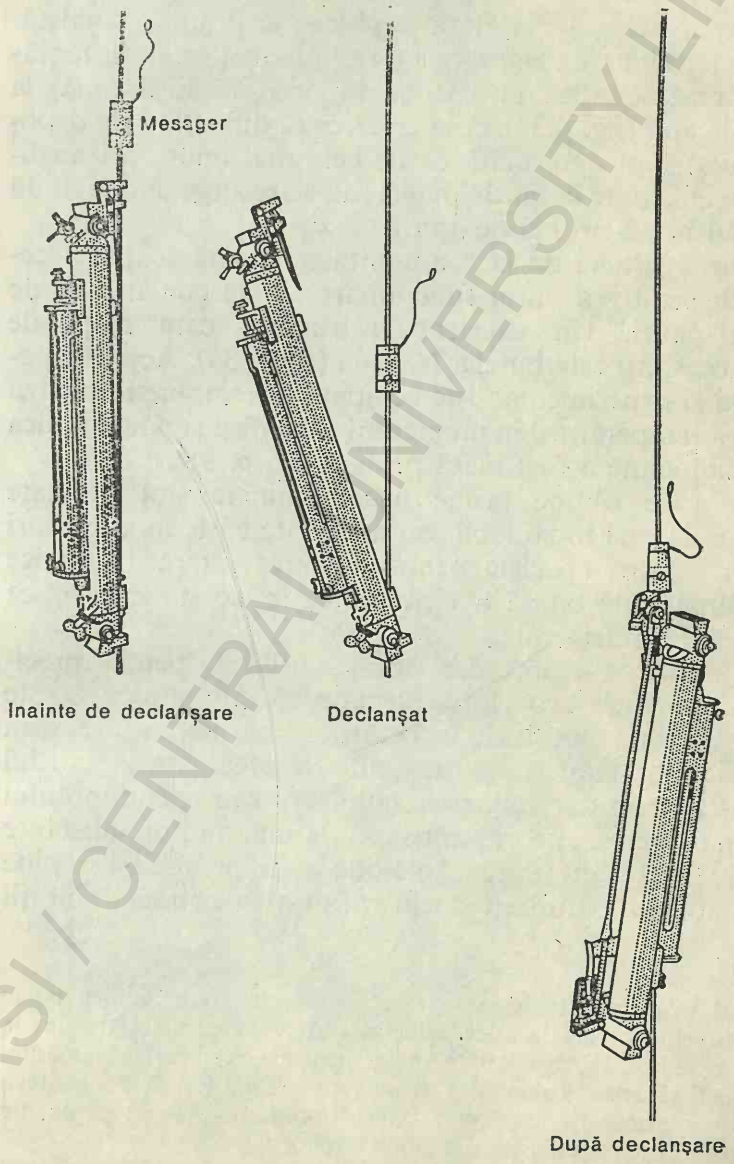


Fig. 4.33

Fig. 4.33 Dispozitiv pentru colectarea unor probe mari de apă (Fotografie pusă la dispoziție de Institutul Oceanografic din Woods Hole).

Fig. 4.34 Butelie Nansen în trei poziții — înainte de declanșare, în timpul declanșării și după declanșare. Cînd este atinsă de mesager, butelia se răstoarnă reținînd apa în interiorul său, iar dacă este necesar, poate elibera alt mesager pentru declanșarea altei butelii (Din Publicația nr. 607 a Oficiului Hidrografic Naval al Statelor Unite).



BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

de probare trebuie să prezintă următoarele caracteristici importante:

1) Volumul de apă colectat să fie suficient de mare pentru a acoperi necesitățile analizei.
2) Adîncimea de la care se iau probele de apă, precum și alți parametri trebuie să fie ușor determinați și precis.
3) Să excludă posibilitatea de contaminare.

Cantitatea de apă colectată depinde de tipul de analiză. Pentru determinarea salinității nu trebuie mai mult de jumătate de litru. Analiza cu carbon-14 necesită însă pînă la 250 litri de apă (fig. 4.33), ceea ce creează dificultăți de depozitare; acest fapt determină ca de cele mai multe ori analizele să fie efectuate la bordul navei sau se recurge la o metodă de concentrare a probei de apă.

Colectarea probei de la o anumită adîncime a apei necesită un dispozitiv a cărui funcționare să fie comandată de la bordul navei. Un excelent instrument care răspunde acestor necesități este butelia Nansen (fig. 4.34). Acest dispozitiv vechi și experimentat este echipat cu termometre pentru măsurarea temperaturii în momentul colectării și poate indica de la ce adîncime a fost luată proba (vezi p. 98).

Pentru a se obține probe necontaminate sînt utilizate containere de oțel inoxidabil sau acoperite cu teflon. Uneori se impun măsuri speciale pentru evitarea alterării chimice a apei, după colectare fiind necesare, în aceste cazuri, ca probele să fie refrigerate.

Există numeroase procedee chimice utilizate pentru precizarea compoziției probelor colectate. Multe dintre aceste procedee nefiind specifice cercetărilor marine, nu le vom descrie aici. În mod obișnuit, analizele efectuate la bordul navei au ca scop determinarea salinității sau a conținutului în clor, în oxigen și uneori a uneia sau a mai multor substanțe nutritive. Există în prezent metode mai precise și rapide pentru stabilirea salinității, prin măsurarea conductibilității

Fig. 4.35 a) Fileu planctonic la suprafața oceanului. Același fileu poate fi utilizat pentru probare la orice adîncime; b) După ce a fost readus la bordul navei, fileul planctonic este spălat pentru colectarea planctonului în vasul de sticlă de la extremitatea fileului. În fig. 6.9 sînt ilustrate cîteva animale tipice prinse în fileul planctonic (Fotografii puse la dispoziție de Institutul Oceanografic din Woods Hole).

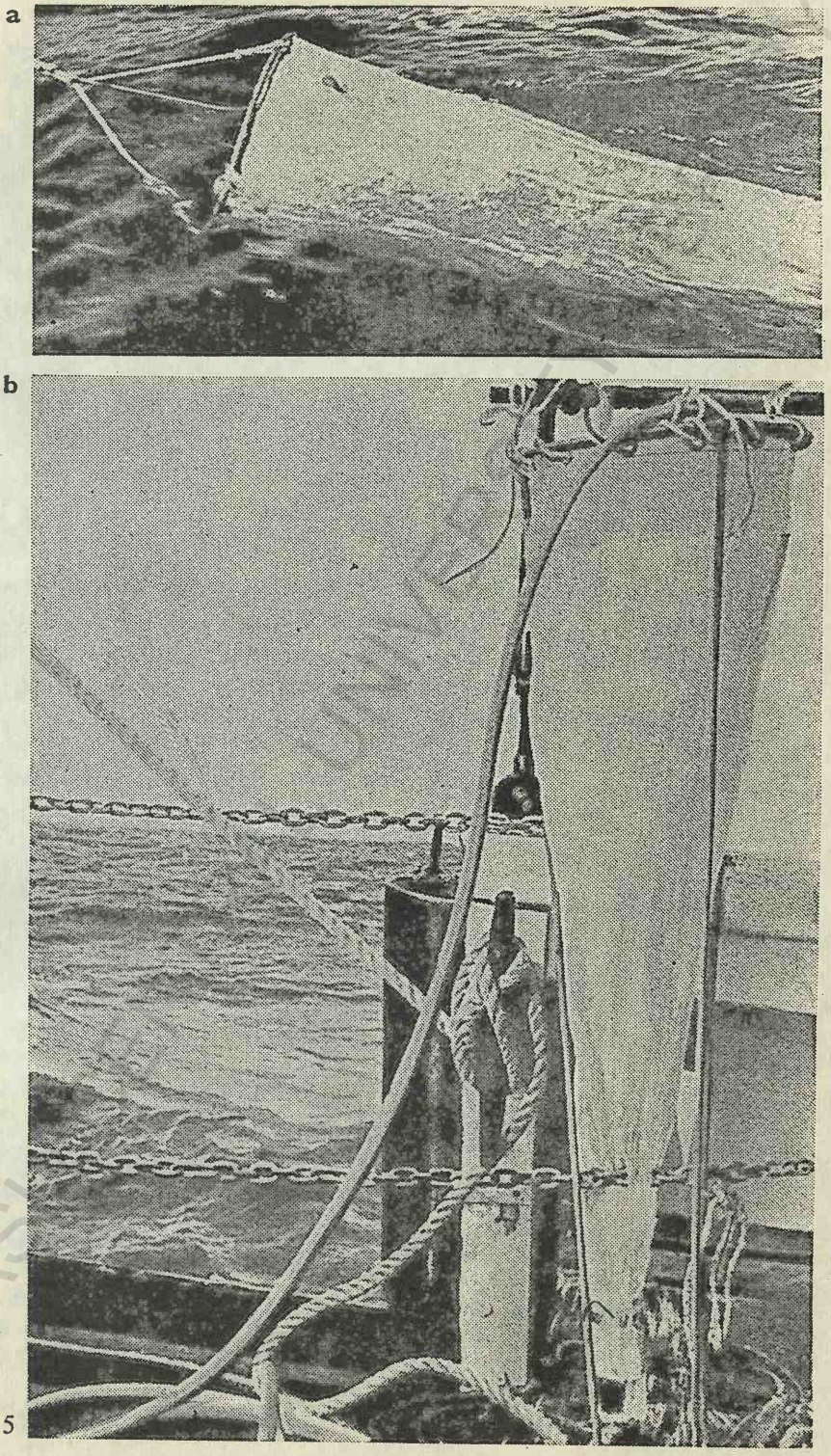


Fig. 4.35

BCU IASI

electrice în apă. Noile dispozitive elaborate permit determinări *in situ*. Aparatele sînt coborîte în ocean, iar analiza se face în mediul natural, pe loc, înlăturîndu-se prin aceasta erorile ce pot apărea și, în special, efectul presiunii asupra conținutului în gaze.

Este posibil ca în viitorul apropiat să se creeze sisteme de electrozi care să analizeze compoziția chimică aproape completă a apei oceanului. Aceste aparate ar putea fi coborîte în ocean și remorcate, iar rezultatele telemetrate sondei ultrasonice a navei, unde s-ar înregistra automat profilul chimic al oceanului.

Numeroși oceanografi chimiști și geochimiști sînt preocupați de sedimentele de fund ale oceanului. Ei utilizează procedee de probare a sedimentelor, similare cu cele folosite de oceanografii geologi (vezi și capitolul 8).

Oceanografie biologică

Pe biologul oceanograf îl interesează, în primul rînd, distribuția și relațiile dintre animale și plante în mediul oceanic. Pentru aceasta are nevoie de un mijloc cu ajutorul căruia să aducă la suprafață probe ale populațiilor marine. Metoda comună de colectare este deplasarea prin apă a unui dispozitiv, de obicei un fel de plasă. Un dispozitiv tipic în această privință este fileul planctonic (fig. 4.35), care poate fi tras prin apă. Se pune întrebarea însă dacă probele obținute

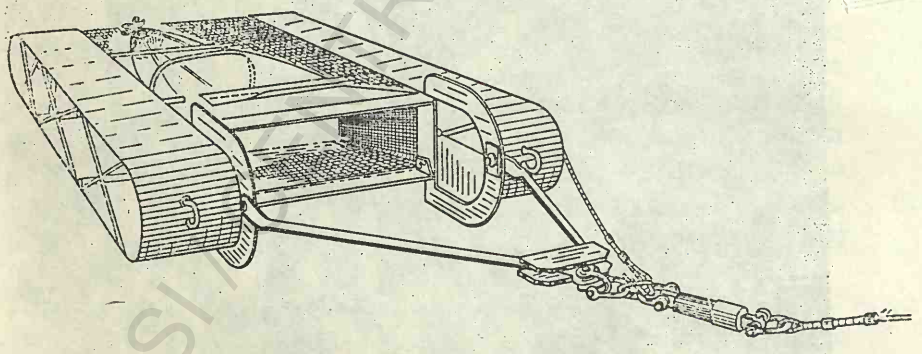


Fig. 4.36 Dragă biologică. Acest aparat este tractat pe fundul oceanului, colectînd organisme bentonice și sediment în plasa din partea sa centrală. Cea mai mare parte a sedimentului va trece prin ochiurile plasei, dar vor fi prinse animalele mai mari (Schiță publicată cu permisiunea Institutului Oceanografic din Woods Hole).

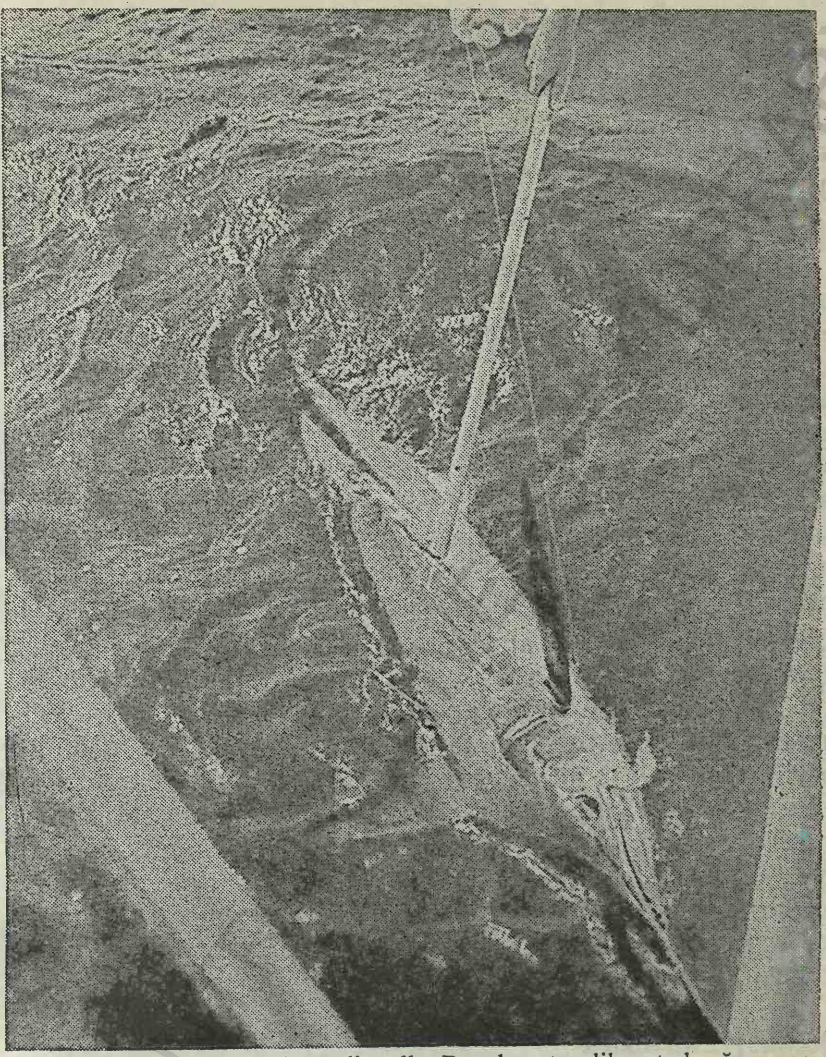


Fig. 4.37 Marcarea unui marlin alb. Peștele este eliberat după marcare. Dacă este prins mai tîrziu de un pescar se pot obține informații asupra migrației peștelui (vezi fig. 6.38) (Fotografie oferită de R. K. Brigham).

în acest mod pot fi reprezentative pentru mediul respectiv? Este evident că peștii mari și rapizi vor evita acest fileu, pe cînd organismele care se deplasează mai încet vor fi capturate cu mai mare ușurință. În plus, din anumite motive (de obicei necunoscute), unele specii sînt prinse mai ușor decît altele. De aceea este foarte probabil că acest tip de dispozitiv de probare are o acțiune selectivă asupra organismelor și nu conduce la o imagine reală a populațiilor marine.

BCU IAȘI

Fauna care trăiește pe fund poate fi probată cu dispozitive care draghează de-a lungul fundului oceanic (fig. 4.36). Fotografiile luate din această zonă (vezi fig. 4.30), rocile și cablurile submarine aduse la suprafață reprezintă surse suplimentare de informare privind fauna de fund. Rocile și cablurile submarine reprezintă un material de studiu foarte interesant, căci de ele se prind numeroase organisme.

Alte metode de observare a viețuitoarelor marine sînt cele făcute direct din submersibile sau prin plonjare de scafandrul autonom. Anumite dispozitive electronice, ca sondele acustice, pot detecta prezența în apă a unor exemplare mari sau a unor grupuri de animale. Sunetul pe care îl emit, sau modul de apariție a ecoului pe înregistrarea grafică a sistemului acustic, pot fi uneori folosite de oceanografi pentru determinarea speciei (vezi fig. 6.39 și 6.40). În pescuitul modern, bancurile de pești sînt localizate cu ajutorul ecografelor. Pescarii, ca și programele de marcare a peștilor, au furnizat numeroase informații asupra migrației acestor viețuitoare (fig. 4.37).

Studiul ecologiei și al variațiilor de mediu ale diferitelor viețuitoare marine necesită o aparatură mai complicată. Astăzi se utilizează dispozitive automate care măsoară temperatura, salinitatea, lumina și alte elemente ale mediului marin, cărora li se adaugă sistemele de observare cu ajutorul televiziunii și al fotografiei. Datele obținute prin aceste sisteme complexe vor permite oamenilor de știință să tragă concluzii referitoare la efectul mediului asupra vieții marine. Aparatele de laborator capabile să simuleze condițiile mediului marin vor reprezenta unele dintre cele mai importante mijloace de cercetare ale oceanografiei biologice.

Oceanografia fizică

Oceanograful fizician este interesat de măsurarea diferitelor proprietăți fizice ale apei de mare, cum sînt: temperatura, salinitatea, densitatea și opacitatea. Pe baza acestor date se pot deduce evaporarea, schimburile de energie calorică și alte procese fizice care au loc în mediul oceanic.

Există trei procedee obișnuite de măsurare a temperaturii. Termometrul înregistrator de precizie este cel mai frecvent utilizat în acest scop. De obicei acest termometru este atașat unei butelii Nansen (vezi fig. 4.34) și coborît în ocean. Cînd butelia ajunge la adîncimea dorită, se eliberează o greutate

(numită mesager) care coboară pe cablu. Cînd mesagerul lovește butelia, aceasta se răstoarnă eliberînd alt mesager, care exercită aceeași acțiune asupra buteliilor aflate mai jos, pe cablu. Prin răsturnare, butelia se umple colectînd o probă de apă marină, ce va fi utilizată pentru determinarea salinității. Răsturnarea buteliei conduce la ruperea coloanei de mercur a termometrului, păstrînd temperatura înregistrată în momentul acela. Dacă aceasta nu s-ar produce, temperatura s-ar ridica pe măsură ce termometrul — care este readus înapoi pe navă — ar trece prin stratele de apă mai caldă de la suprafață. În mod obișnuit se utilizează două termometre: unul este expus la presiunea apei acoperitoare, iar celălalt este protejat față de această presiune. Diferența de temperatură înregistrată de aceste două termometre reprezintă o estimare a presiunii sau a adîncimii, valorile acestor două variabile fiind în strînsă interdependență. Măsurătorile de temperatură necesită un grad de exactitate foarte ridicat, precizia fiind cel puțin de ordinul a 0,02°C. Marea acuratețe a măsurătorilor este impusă de efectele foarte importante pe care le are temperatura asupra densității și a altor proprietăți fizice. De asemenea, această precizie este cerută de faptul că în apele adînci temperatura este relativ constantă, prezentînd variații extrem de mici, pe care numai un termometru de precizie le-ar putea înregistra. Prin coborîrea mai multor butelii Nansen se creează o așa-numită stație hidrografică. În capitolul 7 este descris modul în care sînt utilizate datele furnizate de o stație pentru determinarea curenților oceanici. Astfel de măsurători prezintă dezavantajul că necesită un interval mare de timp și sînt limitate la puncte izolate.

Pentru eliminarea acestor neajunsuri au fost elaborate alte două tipuri de aparate de măsurat temperatura. Unul dintre aceste două dispozitive, batitermograful sau BT-ul (fig. 4.38), poate fi rapid coborît chiar cînd nava se află în mers. Elemente sensibile la presiune și temperatură determină înregistrarea continuă a variației temperaturii, în funcție de adîncime, pe o lamă de sticlă. Batitermograful este mai puțin exact decît termometrul, dar prezintă avantajul de a produce o imagine continuă. Recent au fost construite batitermografe nerecuperabile. Acestea transmit datele direct navei de suprafață, putînd fi utilizate și de elicoptere, de avioane sau de nave rapide.

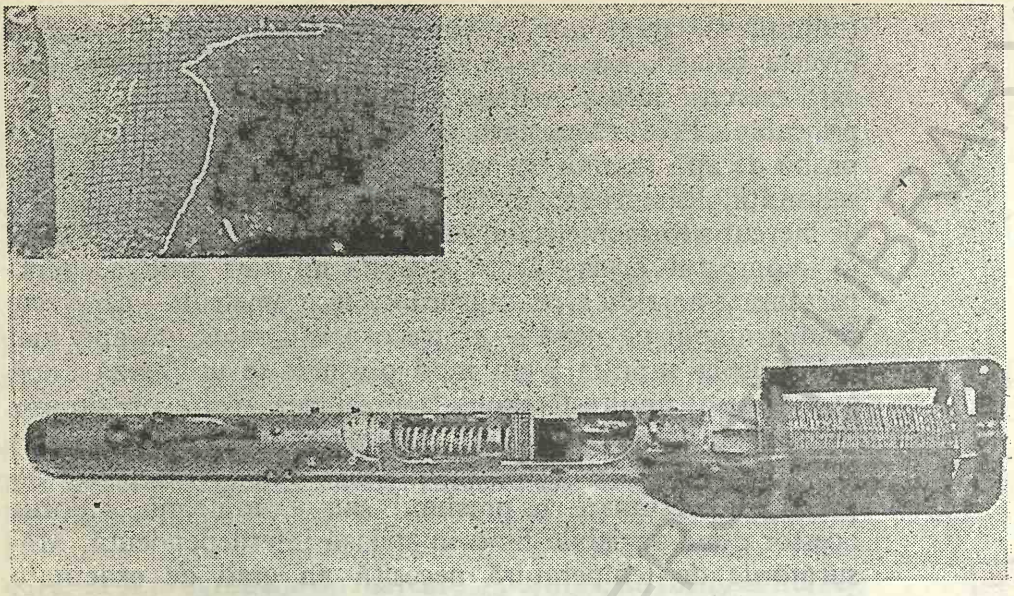


Fig. 4.38 Batitermograf (BT). Lansat de pe o navă, acest aparat produce înregistrarea figurată în colțul din stînga sus. Notațiile marchează campania de lucru și timpul de măsurare. De observat scăderea rapidă a temperaturii (numită termoclină) în partea superioară a oceanului (Fotografie pusă la dispoziție de Institutul Oceanografic din Woods Hole).

Utilizînd termistori sau alte tipuri de senzori termici, dispozitivele moderne combină precizia termometrelor cu capacitatea de măsurare rapidă și continuă a BT-urilor, iar datele le transmit prin telemetrie sau le înmagazinează pînă la recuperarea aparaturii. Datorită posibilității de a măsura și alte variabile, precum și acurateței și sensibilității lor, aceste dispozitive sînt utilizate pentru examinarea structurii de detaliu a diferitelor proprietăți fizice ale oceanului.

Viteza și direcția curenților oceanici este măsurată prin metode directe și indirecte. O metodă directă este cea care se bazează pe deriva navei, diferența dintre punctul de sosire anticipat și cel real fiind de obicei datorată acțiunii curenților (fig. 4.39 a). Altă metodă de măsurare a curenților constă în lansarea la apă a unor obiecte plutitoare, urmărindu-le mișcările sau lăsîndu-le să deriveze liber, fără a fi ținute sub observație (fig. 4.39 b și c). În mod obișnuit, sticlele în derivă au înăuntru o notă care oferă o mică recompensă persoanei care găsește sticla și restituie nota menționînd

unde și cînd a găsit-o. Utilizarea obiectelor în derivă prezintă anumite dezavantaje. Nu se cunoaște drumul pe care l-au parcurs pînă la locul unde au fost găsite și nu se știe în ce măsură au fost influențate de vînt. Totuși, notînd pe hartă punctele de lansare și de recuperare a numeroase obiecte lăsate în derivă, se pot obține informații generale privind circulația la scară mare a apelor oceanice de suprafață.

Ancorele plutitoare sînt utilizate pentru măsurarea curenților în zona situată imediat sub suprafața apei, eliminînd efectul direct al vîntului (fig. 4.39 c). Flotorul Swallow este un dispozitiv mai evoluat, ce constă dintr-un tub de aluminiu închis ermetic care este lansat la apă. Fiind mai greu, dar mai puțin compresibil decît apa sărată, la o anumită adîncime densitatea flotorului devine egală cu densitatea apei sărate. Cu alte cuvinte, creșterea densității apei sărate cu adîncimea este mai mare decît a flotorului (Swallow). Deplasarea flotorului la o anumită adîncime poate fi urmărită dacă

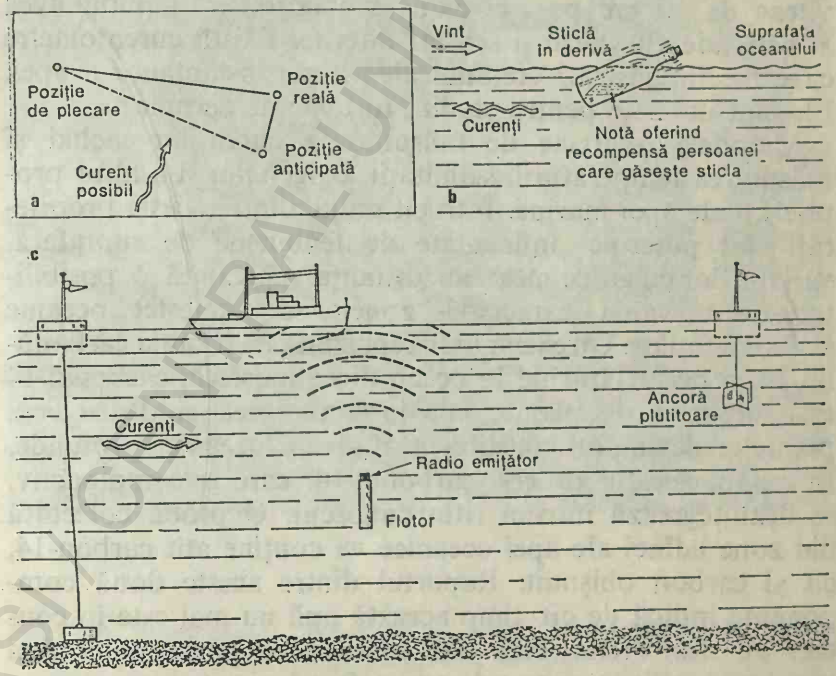


Fig. 4.39 Metode directe de măsurare a curenților: a) deriva navei; b) sticle în derivă; c) ancoră plutitoare și flotor Swallow. În cazul c nava își determină poziția cu ajutorul balizei și observă deplasările ancorei plutitoare (vizual) sau ale flotorului Swallow (electronic).

se atașează un radio-emițător. Nava trebuie să dispună de un sistem de stabilire a poziției, întrucît ea însăși va deriva sub acțiunea curenților de suprafață. De obicei este utilizată o geamandură, astfel încît deplasarea navei și a flotorului Swallow sau a ancorei suspendate să fie determinată în funcție de poziția geamandurii. Măsurătorile obținute cu ajutorul flotorului Swallow arată că zonele adînci ale oceanului, despre care se credea că sînt relativ stagnante, pot avea curenți cu viteza de aproape 50 cm pe secundă.

Alte tipuri de dispozitive pentru măsurarea curenților sînt balizele de suprafață (vezi fig. 7.1) și curentometrele (vezi fig. 4.9 și 4.40) cu posibilități de telemetrare. Unele curentometre sînt suspendate de obiecte fixe, ca balize și faruri plutitoare, marcînd evoluția curenților de-a lungul unei perioade mari de timp. Aparatele mai perfecționate transmit datele laboratoarelor sau calculatoarelor de pe țărm. Anumite curentometre nu înregistrează valorile instantanee, ci viteza medie a curentului. În acest fel, un curent înregistrat cu viteza de 50 cm pe secundă spre nord, ar fi putut avea și perioade cu viteze și sensuri diferite. Există curentometre care fac înregistrări continui ale vitezei instantanee a apei. Ele sînt utilizate pentru studiul turbulenței oceanice.

Metodele indirecte de măsurare a curenților includ și măsurarea temperaturii, salinității, oxigenului și a altor proprietăți ale apei marine. Întrucît multe dintre aceste proprietăți sînt puternic influențate de fenomene de suprafață, variația lor cu adîncimea sau distanța reprezintă o posibilitate de a evalua caracterele zonelor de amestec oceanic și ale curenților. Un exemplu îl reprezintă distribuția carbonului-14 în ocean. Intrînd în ocean din atmosferă, carbonul-14 este absorbit de plante, iar după moartea și distrugerea plantelor devine un constituent al apelor oceanice profunde. În cursul acestui proces, carbonul-14, care este radioactiv, se dezintegrează într-un ritm cunoscut. O probă colectată din zone adînci ale apei oceanice va conține atît carbon-14, cît și carbon obișnuit. Raportul dintre aceste două componente indică de cît timp această apă nu mai este în contact cu atmosfera. Prin alte metode se poate determina sursa apei, adică zona unde apa a fost în contact cu atmosfera. Cunoscînd zona de proveniență a apei și de cît timp apa a părăsit această zonă, se poate evalua în mod indirect circulația oceanică.

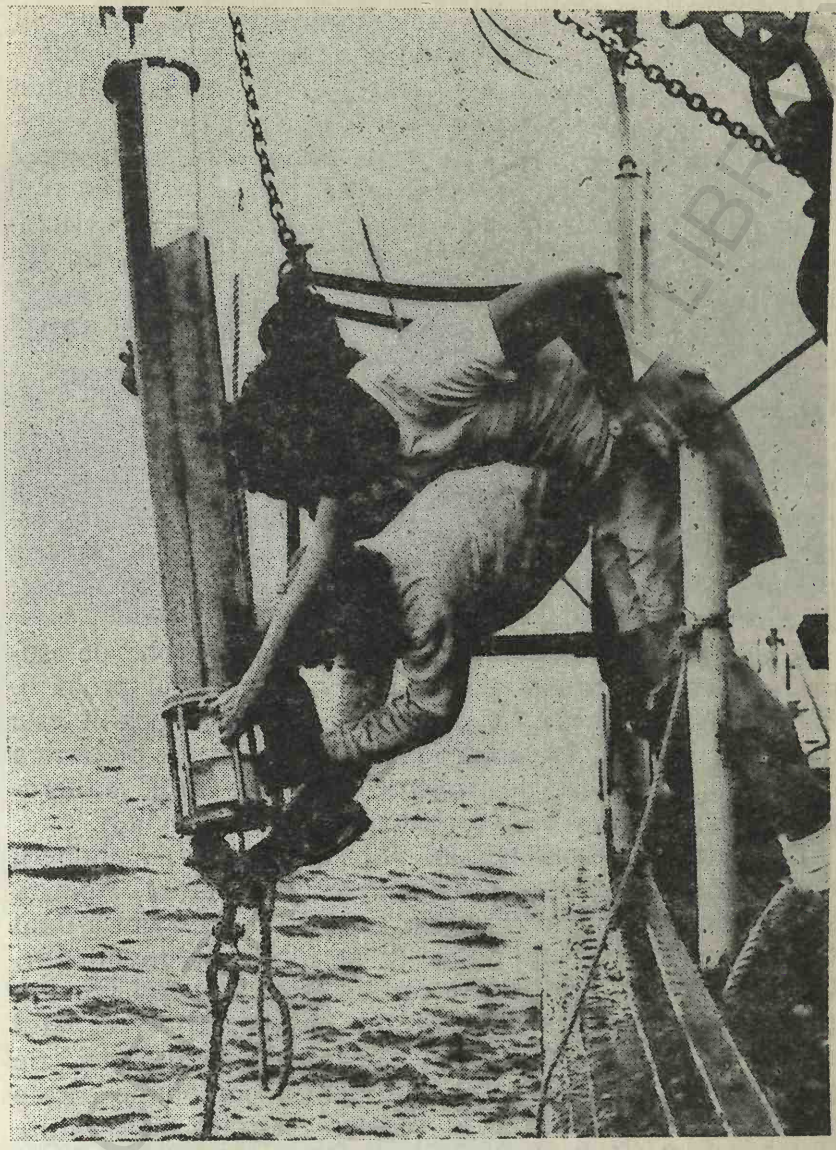


Fig. 4.40 Curentometru. Apa învîrteşte rotorul de la partea inferioară a aparatului; numărul de rotaţii (înregistrate de aparat) pe unitatea de timp exprimă viteza curentului. Astfel de aparate sînt de obicei ataşate în sisteme de balize (vezi fig. 4.16) (Fotografie furnizată de Institutul Oceanografic din Woods Hole).

De asemenea, distribuția anumitor organisme poate să indice acțiunea unor sisteme de curenți. Apariția anumitor organisme plutitoare pasive departe de mediul lor obișnuit sugerează transportul acestora de către curenți.

Oceanografii fizicieni, ca și alți oceanografi, utilizează aparatură electronică modernă împreună cu echipamentul convențional descris mai sus. Sateliți, avioane și balize mari încărcate cu aparatură electronică transmit date despre diverși parametri oceanici. În mod obișnuit, analiza acestor date este efectuată de calculatoare rapide, deseori direct la bordul navei (vezi fig. 4.5).

Oceanografie geologică

Geologul oceanograf este interesat în primul rînd de obținerea de probe din, sau informații despre, sedimentele sau rocile de pe fundul mării. În general, există trei tipuri importante de aparatură pentru colectarea probelor: 1) dispozitive de mușcare a materialului de pe fund (graifere sau bene); 2) carotiere și 3) dispozitive de dragare.

Graiferele (fig. 4.41) colectează numai probe de suprafață care pot fi disturbate în momentul probării. Datorită greutății sale, în general mici, acest dispozitiv este utilizat mai ales în ape puțin adînci, de exemplu pe platforma continentală. Proba se poate pierde dacă între fălcile graiferului se fixează fragmente de roci sau alte obiecte mai mari.

Dispozitivele de carotaj sînt utilizate în vederea obținerii unei secțiuni verticale prin sediment (denumită carotă). Aceasta se realizează prin introducerea forțată în sediment a unui tub vertical lung, uneori dublat de un tub de plastic interior. Cel mai simplu dispozitiv de carotaj este carotierul gravitațional. Acesta constă dintr-un tub cu greutăți la capătul superior, pătrunderea în sediment datorîndu-se propriei sale greutăți (fig. 4.42). Cu acest carotier se pot obține carote scurte, de numai 2—3 m. În vederea realizării unor carote mai lungi, B. Kullenberg a construit carotierul cu piston (fig. 4.43 și 4.44). În interiorul tubului carotier al acestui dispozitiv există un piston care are rolul de a reduce fricțiunea, utilizînd presiunea hidrostatică existentă în cursul operației de carotare. În acest mod se pot colecta carote cu lungimea pînă la 30 m. Fără îndoială că, utilizînd cabluri și tuburi mai robuste și greutăți mai mari, s-ar putea obține carote și mai lungi.

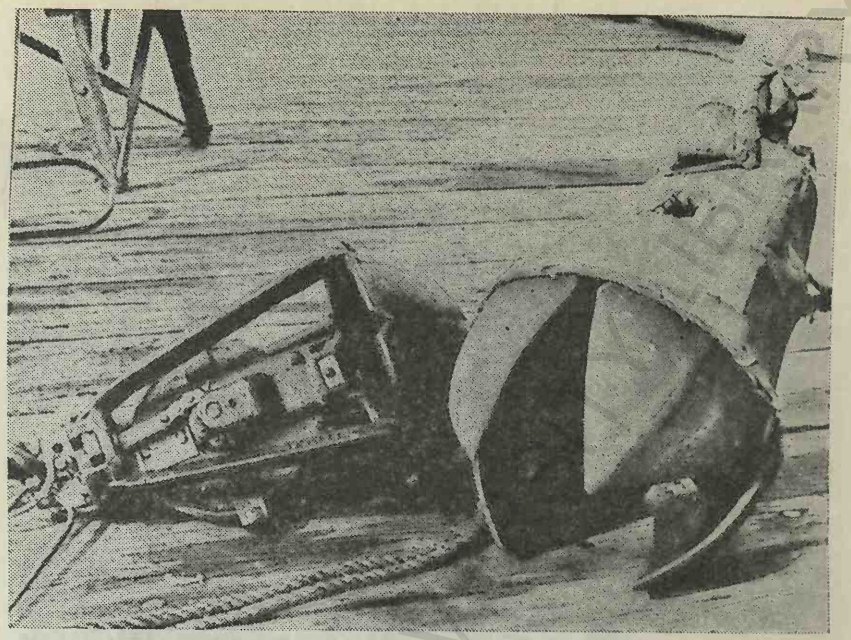


Fig. 4.41 Graifer în poziție deschisă, de lansare (dreapta) și în poziție închisă (după probare). Fălcile se închid după ce aparatul lovește fundul și pătrunde în sediment. După închiderea fălcilor aparatul este ridicat la suprafață; husa de pînză împiedică spălarea și îndepărtarea probei în timpul ridicării (Fotografie pusă la dispoziție de Institutul Oceanografic din Woods Hole).

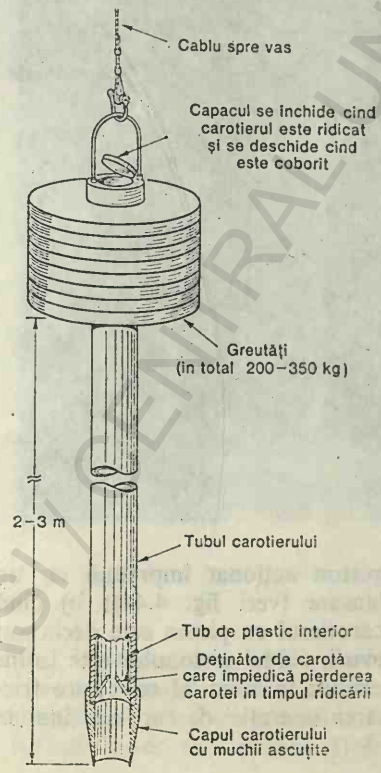


Fig. 4.42 Tip obișnuit de carotier gravitațional.

BCU IASI / CENTRALA UNIVERSITARA

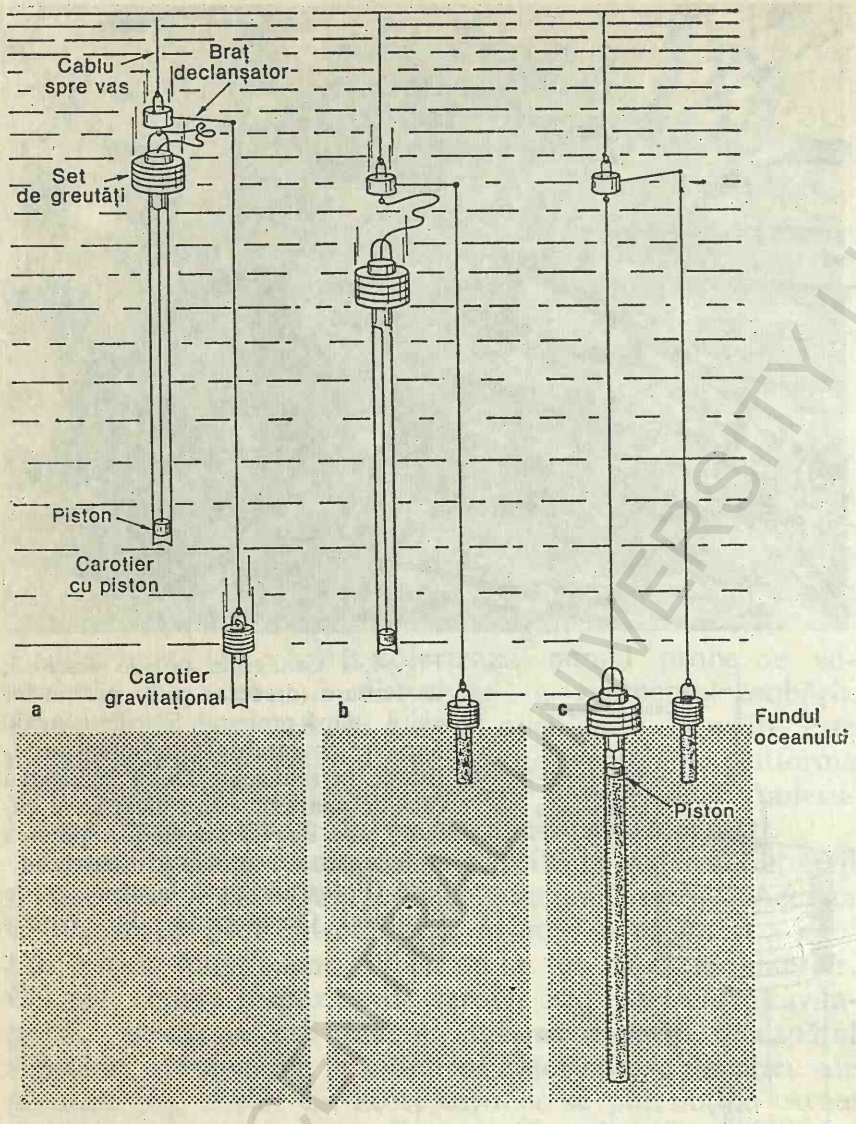


Fig. 4.43 Utilizarea unui carotier cu piston acționat împreună cu un carotier gravitațional: a) poziția de lansare (vezi fig. 4.44); b) cînd carotierul gravitațional lovește fundul, carotierul cu piston este declanșat și cade liber spre fund. În momentul lovirii, cablul pistonului este întins și în sediment intră numai tubul carotierului; în acest fel se reduce fricțiunea din interiorul tubului; c) terminarea operației de carotare înainte de recuperarea carotierului.

Fig. 4.44 Lansarea unui carotier cu piston. De cablul braţului de declanşare este ataşat un carotier gravitaţional. Cablul neîntins este fixat de pistonul din tubul carotierului (Fotografie pusă la dispoziţie de Institutul Oceanografic din Woods Hole).

BCU IASI

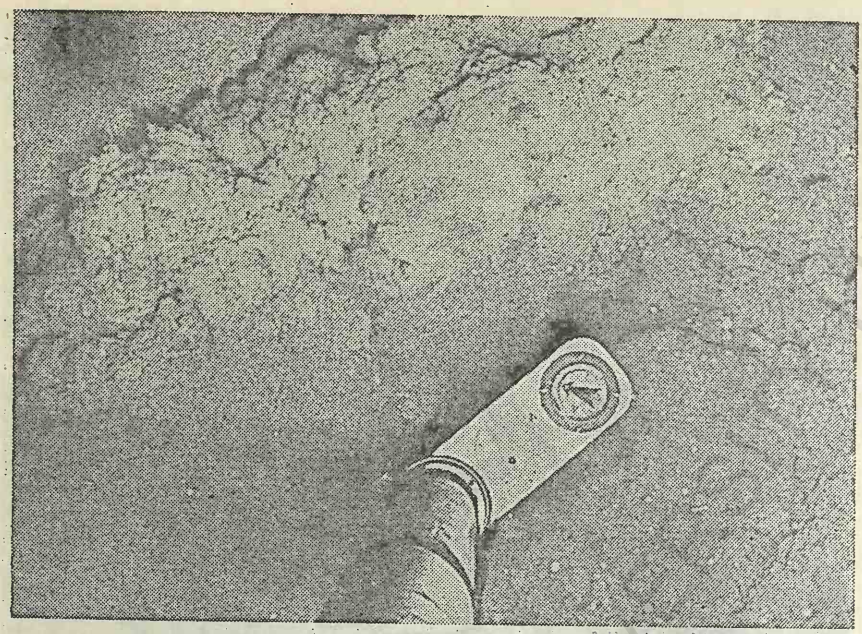


Fig. 4.45 Fotografia fundului mării făcută de un aparat montat în setul de greutăți al unui carotier cu piston. Norul mare de sediment a fost generat de pătrunderea carotierului în sedimentele de fund. De observat busola și clinometrul montate pe tubul carotierului pentru a marca poziția acestuia care, în acest moment a pătruns cu aproximativ 25 ft în sediment. Direcția deplasării norului de sediment furnizează informații asupra curenților de fund (Fotografie oferită de F. McCoy).

Un dispozitiv de carotaj nou și ingenios este carotierul cu cădere liberă. Acest aparat nu este atașat de navă cu cablu, ci este lăsat să cadă liber. Cînd carotierul atinge fundul, pătrunzînd în sediment, sînt eliberate niște sfere plutitoare de sticlă care se ridică spre suprafață, antrenînd dublura de plastic a tubului în care se află carota (fig. 4.46). Carotierul cu cădere liberă prezintă două avantaje:

1) se pot colecta numeroase carote într-un interval scurt de timp;
2) poziția carotierului poate fi stabilită cu exactitate față de anumite caractere ale fundului mării.

De exemplu, dacă se intenționează să se ia o carotă dintr-un canion submarin cu carotier gravitațional sau cu piston, mai întîi trebuie să se oprească nava și apoi să se lanseze carotierul. Chiar în ape cu adîncime de numai cîteva sute de

fathomi această operație ar putea dura pînă la o jumătate de oră, timp în care, sub acțiunea curenților și a vînturilor, nava ar deriva îndepărtîndu-se de canion. În timpul coborîrii, carotierul însuși ar putea fi afectat de curenți și deviat de la ținta sa. Carotierul cu cădere liberă poate fi lansat rapid

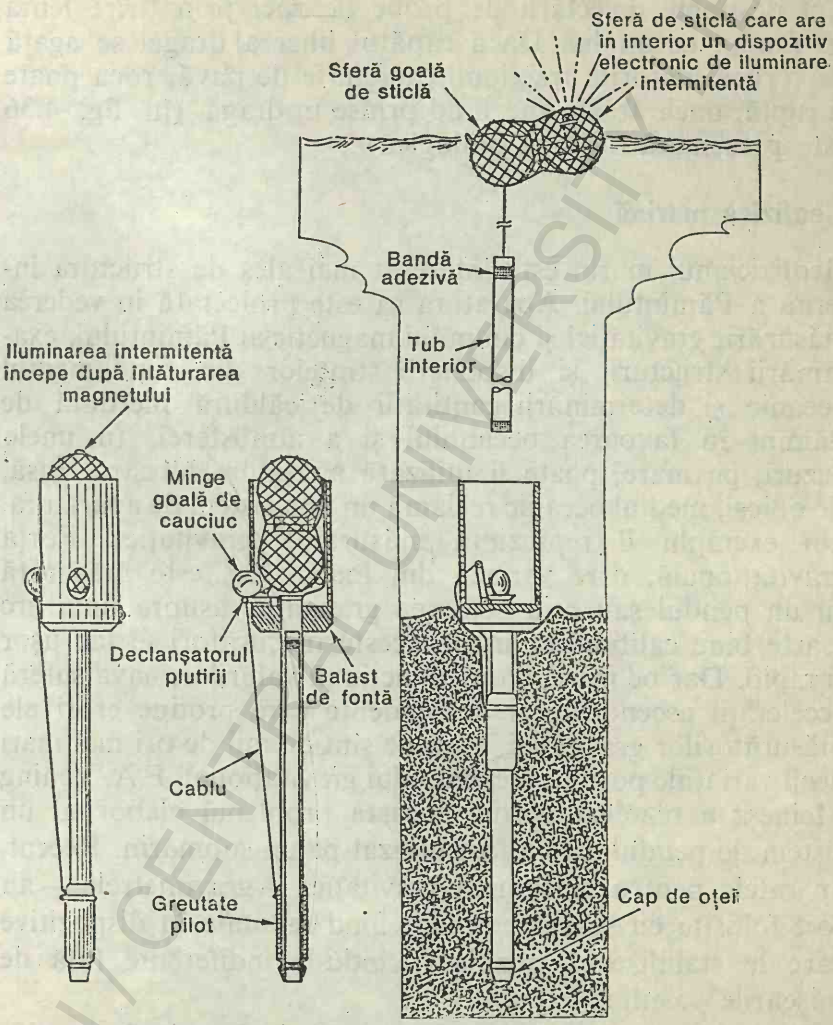


Fig. 4.46 Carotier cu cădere liberă. De la bordul navei carotierul este lansat liber, fără să fie atașat de un cablu. Pătrunzînd în sedimentele de pe fund, greutatea pilot este împinsă în sus, eliberînd sferele de sticlă care, datorită flotabilității lor, ridică tubul de plastic care conține carota. Atît sferele, cît și tubul plutesc spre suprafață, de unde pot fi recuperate de nava de suprafață (După Sachs și Raymond, 1965).

chiar din mersul navei, cînd aceasta se află deasupra zonei care trebuie probată. Coborîrea sa este suficient de rapidă pentru a nu fi afectată de curenți.

Al treilea tip de aparat pentru obținerea de probe geologice este draga. În principiu, aceasta are aspectul unui cilindru cu diametru mare, închis la unul din capete. Dragele sînt destinate colectării de probe de roci prin tîrîre lentă pe fundul oceanului. Dacă capătul liber al dragei se agață de o rocă, datorită tracțiunii exercitate de navă, roca poate fi ruptă, unele fragmente fiind prinse în dragă (în fig. 4.36 este prezentată o dragă biologică).

Geofizică marină

Geofizicianul marin este interesat mai ales de structura internă a Pămîntului. Aparatura sa este proiectată în vederea măsurării gravitației și cîmpului magnetic al Pămîntului, examinării structurii și dispunerii stratelor din fundamentul oceanic și determinării cantității de căldură pierdută de Pămînt în favoarea oceanului și a atmosferei. În unele cazuri, pe mare, poate fi utilizată aparatura terestră. Însă, de obicei, mediul oceanic reclamă un nou sistem de aparatură. Un exemplu îl reprezintă măsurarea gravitației. Forța gravitațională, care variază din loc în loc, este măsurată cu un pendul sau prin acțiunea gravitației asupra unui arc foarte bine calibrat. Pe uscat, aceste măsurători se fac ușor și rapid. Dar pe mare, datorită acțiunii valurilor, nava suferă accelerații ascendente și descendente care produc erori ale măsurătorilor gravitației, erori ce sînt de mii de ori mai mari decît variațiile posibile ale cîmpului gravitațional. F.A. Vening Meinesz a rezolvat parțial această problemă elaborînd un sistem de pendul care a fost utilizat pe un submarin. Recent, aparatele pentru măsurarea gravitației — gravimetrele — au fost folosite cu succes pe mare fiind montate în dispozitive care le stabilizează poziția făcîndu-le indiferente față de mișcările vasului.

Variațiile gravitației sînt interpretate în funcție de modificările structurii geologice. Întrucît există și alte cauze care determină variația valorilor gravitației, aceste date nu pot fi considerate în mod independent pentru interpretarea structurii geologice, ci sînt utilizate împreună cu rezultatele altor

studii geofizice, de exemplu cele magnetice și seismice de refracție.

Măsurarea cîmpului magnetic pe mare reprezintă o operație relativ simplă, realizată prin atașarea magnetometrelor de nave sau de avioane. Măsurătorile magnetice prezintă informații cu privire la partea superioară a crustei terestre. Corpurile de roci eruptive, cum sînt vulcanii, pot fi identificate datorită proprietăților lor magnetice. Magnetismul unui corp de roci depinde mai ales de cantitatea de magnetit (un mineral magnetic) pe care o conține, de grosimea corpului și de adîncimea la care se află sub fundul mării. Magnetizarea unei roci eruptive depinde, de asemenea, de direcția și de intensitatea cîmpului magnetic în timpul răcirii rocii. Roca răcită va dispune de o magnetizare similară și proporțională cu mărimea cîmpului magnetic terestru. Acest fapt este foarte important căci cîmpul magnetic al Pămîntului a suferit numeroase modificări în decursul timpurilor geologice (adică polii magnetici au migrat și chiar s-au inversat). Astfel, rocile de pe fundul mării au proprietăți magnetice caracteristice diferitelor timpuri geologice. Semnificația geofizică a acestui fapt este discutată mai amănunțit în capitolul 8.

Cantitatea de căldură care difuzează prin crustă provenind din interiorul Pămîntului poate fi măsurată de sonde calorice atașate unui dispozitiv de carotaj cu piston. Fluxul caloric reprezintă produsul dintre gradientul vertical al temperaturii din sedimente și conductivitatea termică a sedimentului. În mod obișnuit fluxul caloric este foarte mic, de ordinul unei microcalorii (o milionime de calorie) pe cm^2, pe secundă. O calorie exprimă cantitatea de căldură necesară pentru a ridica cu 1°C temperatura unui gram de apă în condițiile presiunii atmosferice. Zonele unde fluxul caloric este de cîteva ori mai mare decît valoarea medie, ar putea reprezenta zone cu instabilitate crustală.

Studiul structurii fundului oceanic este realizat, mai ales, cu ajutorul metodelor seismice, prin reflexie și refracție. Ambele metode se bazează în general pe același principiu (fig. 4.47). Undele sonore generate de o explozie se vor propaga spre fundul oceanic și în stratele de sub suprafața fundului și apoi vor fi reflectate înapoi spre nava de suprafață (reflexie). O parte a energiei se va propaga de-a lungul diferitelor strate ale crustei, (scoarței) putînd fi recepționată de o a doua navă (refracție). Dispozitivele de recepționare se numesc

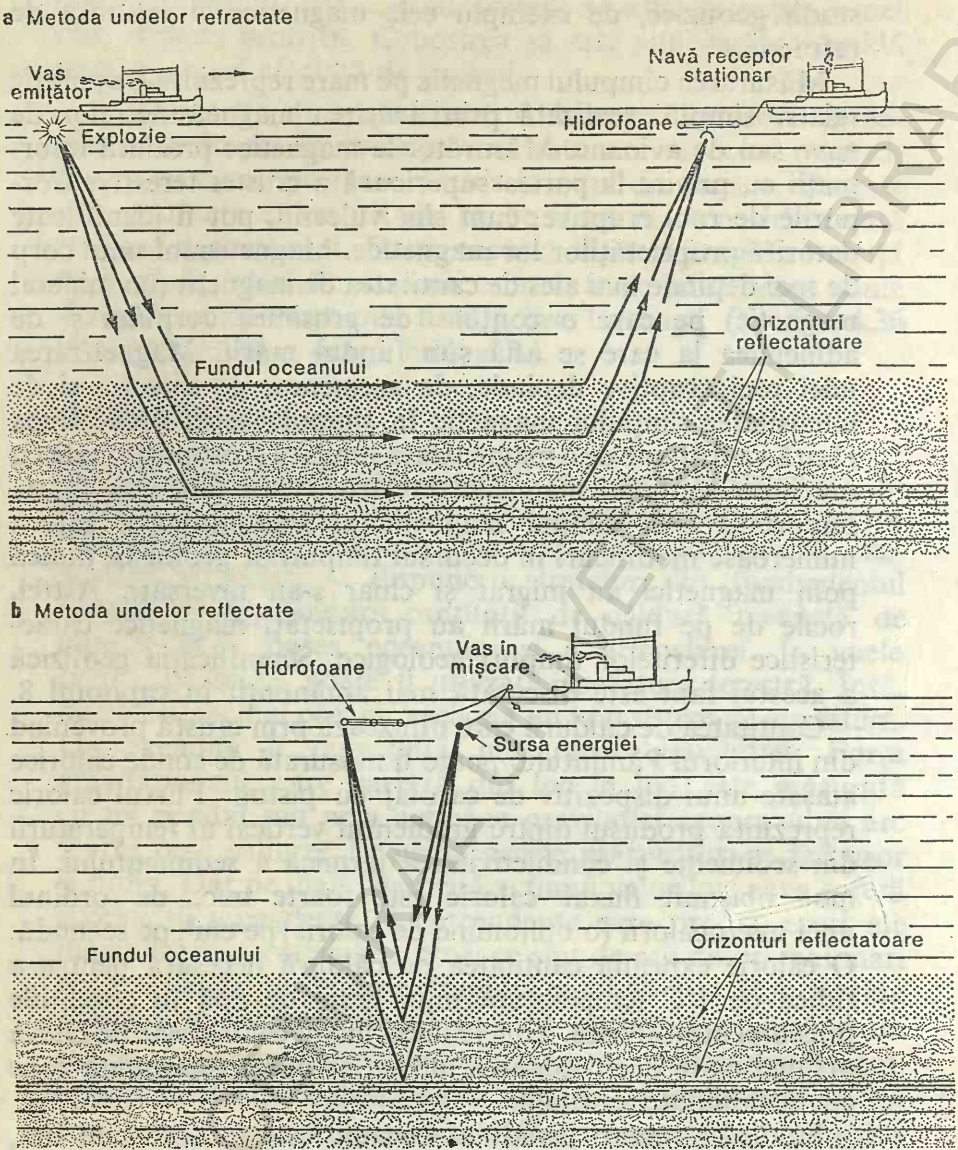


Fig. 4.47 a) principiul cercetării seismice prin metoda undelor refractate; b) principiul cercetării seismice prin metoda undelor reflectate.

hidrofoane. În cazul metodei prin reflexie, este necesară o singură navă. După ce sînt amplificate și filtrate, semnalele reflectate sînt înregistrate grafic de ecograful navei (fig. 4.48).

Cercetarea seismică prin metoda undelor refractate necesită prezența a două nave (sau o navă și o geaman-

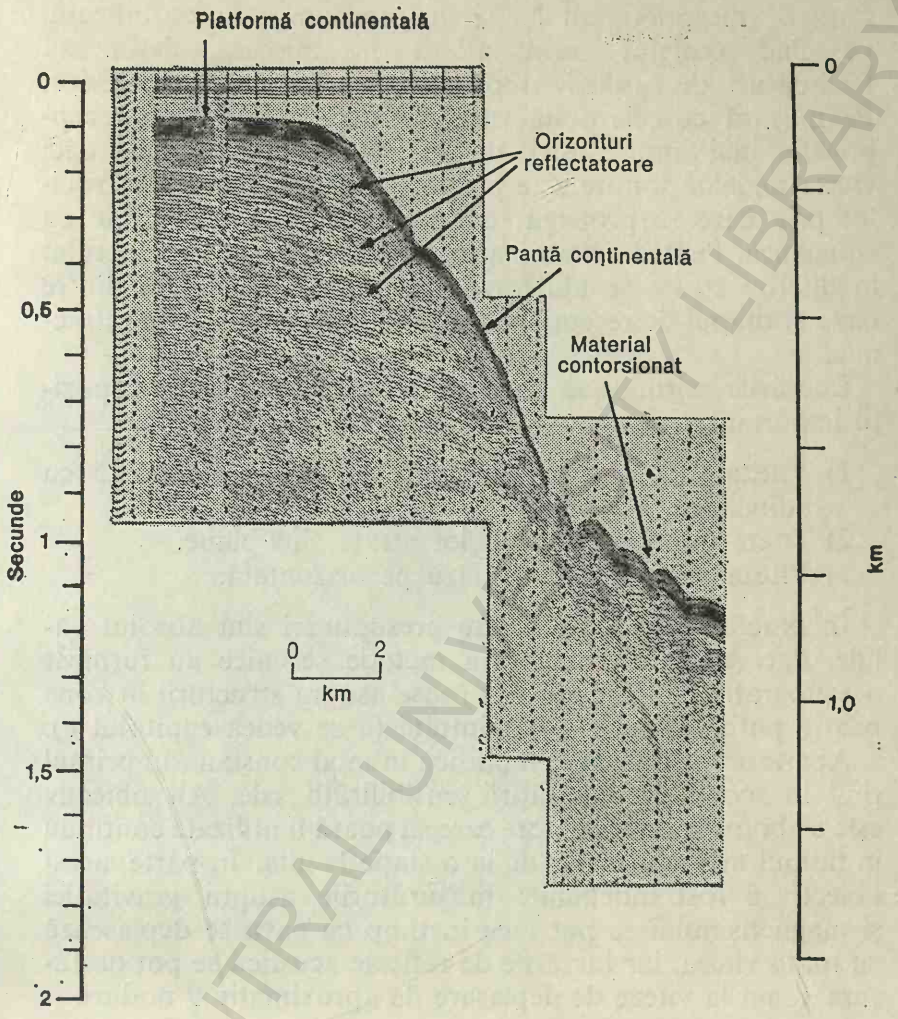


Fig. 4.48 Profil continuu de reflexie-seismică în zona externă a platformei continentale și a pantei (povîrnișului) continentale din largul coastei vestice a Mexicului. Scara timpului reprezintă timpul necesar pentru propagarea undelor prin apă la orizontul reflectant și înapoi la navă (vezi fig. 4.47 b). Observați terminația abruptă a platformei continentale și reflexiile contorsionate de pe pantă care ar putea reprezenta material alunecat (Din D. A. Ross și G. G. Shor, *Journal of Geophysical Research 70*, 1965).

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

dură de recepționare). Nava de recepție este imobilizată, pe cînd cealaltă navă, aflată în mișcare, detonează încărcături de exploziv după un program stabilit anterior. Pe măsură ce cele două vase se depărtează, sînt recepționate mai întîi sosiri de la strate mai adînci, căci viteza undelor sonore este proporțională cu densitatea rocilor prin care se propagă, iar densitatea și viteza cresc cu adîncimea. Pentru determinarea adîncimii și vitezei sunetului în diferite strate se utilizează un grafic al distanței dintre nave și timpul de recepționare a primelor unde sonice refractate.

Lucrările seismice se bazează pe următoarele trei supoziții importante:

1) Viteza sunetului în sedimente și roci crește odată cu adîncimea.
2) Toate interfețele diferitelor strate sînt plane.
3) Viteza sunetului nu variază pe orizontală.

În practică, nu toate aceste presupuneri sînt absolut valide, dar datele obținute prin metode seismice au furnizat oceanografilor informații valoroase asupra structurii în zone relativ puțin adînci ale Pămîntului (a se vedea capitolul 8).

Aparatura geofizică se modifică în mod constant, în primul rînd în scopul îmbunătățirii sensibilității sale. Alt obiectiv este elaborarea unor aparate care să poată fi utilizate continuu în timpul mersului navei de la o stație la alta. În parte, acest obiectiv a fost îndeplinit: măsurătorile asupra gravitației și magnetismului se pot face în timp ce nava se deplasează cu toată viteza, iar lucrările de reflexie acustică se pot desfășura acum la viteze de deplasare de aproximativ 9 noduri.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

5 Oceanografia chimică

INTRODUCERE

ISTORIA OCEANOGRAFIEI CHIMICE

PROPRIETĂȚILE APEI

COMPOZIȚIA APEI DE MARE

REACȚIILE CARE INFLUENȚEAZĂ COMPOZIȚIA CHIMICĂ A APEI OCEANULUI

CHIMIA IZOTOPILOR ÎN OCEANOGRAFIE

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

INTRODUCERE

Oceanograful chimist este preocupat să cunoască în primul rînd compoziţia apei şi distribuţia constituenţilor chimici ai acesteia, iar în al doilea rînd procesele care influenţează şi controlează compoziţia chimică a apei oceanului.

Utilizarea substanţelor radioactive, fie a celor naturale, existente în apa mării sau introduse pe cale artificială, a permis, în ultimul timp, oceanografului chimist să evalueze efectele variaţiilor care apar în apele oceanului de-a lungul unor perioade mari de timp.

Dar, înainte de a ne ocupa efectiv de compoziţia chimică a apei de mare, să facem cîteva incursiuni în istoria acestui domeniu al oceanografiei.

ISTORIA OCEANOGRAFIEI CHIMICE

Încă din cele mai vechi timpuri salinitatea mării a reprezentat o enigmă. Cu toate acestea, de timpuriu, omul a învăţat să obţină sare din apa de mare prin evaporare solară, tehnică utilizată şi astăzi în multe regiuni ale lumii. În ceea ce priveşte originea salinităţii apei de mare au fost emise păreri încă de pe vremea filozofilor greci şi romani, dar speculaţiile acestora au fost de cele mai multe ori incorecte.

Primul studiu ştiinţific asupra chimismului apei marine este atribuit lui Robert Boyle, care a publicat în anul 1670 o lucrare unde îşi descrie cercetările. Amestecînd apa de mare cu nitrat de argint el a observat apariţia unui precipitat alb[1], a cărui cantitate era mult mai redusă dacă se utiliza apă dulce în loc de apă marină. Boyle a ajuns la concluzia că sarea este levigată din sol, transportată de rîuri şi concentrată în mare.

Spre sfîrşitul secolului al XVIII-lea, Lavoisier a descoperit că apa constă dintr-un amestec de hidrogen şi oxigen. De asemenea, el a elaborat diverse metode pentru analiza unor substanţe dizolvate în apa de mare. Primele determinări

[1] Este vorba de precipitatul de clorură de argint care se formează în urma reacţiei chimice între azotatul de argint şi clorurile din apa de mare, dintre care clorura de sodiu (sarea de bucătărie) se află în cantitatea cea mai mare ($AgNO_3 + 2\ NaCl \rightarrow AgCl_2 + 2\ NaNO_3$). — *D.M.*

chimice ale constituenților apei de mare au fost realizate aproape simultan de Lavoisier și de chimistul suedez Bergman. Acesta din urmă a analizat probe de apă colectată de la adîncimea de aproximativ 100 m. Cei doi oameni de știință au încercat, prin evaporarea apei de mare, să separe diferiți componenți ai reziduului. Rezultatele obținute nu au fost dintre cele mai precise, ele variind în funcție de metodele folosite.

Pînă în anul 1819 au fost puși în evidență în apa marină doar clorul, sulful, calciul, potasiul, magneziul și sodiul. Borul, iodul, stronțiul, argintul, litiul, arsenul și fluorul au fost descoperiți în cursul următorilor 50 de ani.

Un progres important pentru înțelegerea chimismului apei de mare a fost realizat în anul 1865 de Forchhammer, care a observat că în diferite probe de apă de mare luate dintr-o anumită zonă conținutul total de săruri poate să prezinte variații importante, dar că raportul dintre principalii componenți dizolvați rămîne totdeauna constant. Acest concept este cunoscut sub numele de „principiul lui Forchhammer". De asemenea, Forchhammer a observat că siliciul și calciul existau din abundență în rîuri, dar lipseau aproape total în apa de mare. El a interpretat această carență ca reprezentînd efectul organismelor marine care reţin aceste elemente în cochiliile lor, recunoscînd în acest fel că activitatea biologică are un efect important asupra chimismului oceanelor.

Expediția „Challenger" (1872—1876) a determinat dezvoltarea în continuare a cercetării chimice a oceanului. Dittmar, chimist valoros, a analizat numeroase probe de apă colectate de nava „Challenger" și a făcut determinări ale gazelor dizolvate (fig. 5.1). Lucrările lui Dittmar, care se pot compara cu cele moderne, au confirmat multe dintre ideile lui Forchhammer. Dittmar a sugerat că, în virtutea principiului lui Forchhammer, s-ar putea utiliza conținutul unui singur component principal pentru a exprima salinitatea apei de mare (reprezentată aproximativ prin greutatea în grame a sărurilor existente în 1000 g de apă marină). Tot Dittmar a fost cel care a observat scăderea generală a conținutului de oxigen odată cu adîncimea (cea mai profundă probă fiind recoltată de la aproximativ 1500 m) și o îmbogățire în bioxid de carbon a apelor de suprafață. Importanța acestor variații, datorate proceselor de fotosinteză și respirație, nu a fost înțeleasă la timpul respectiv. Spre sfîrșitul secolului al XIX-lea

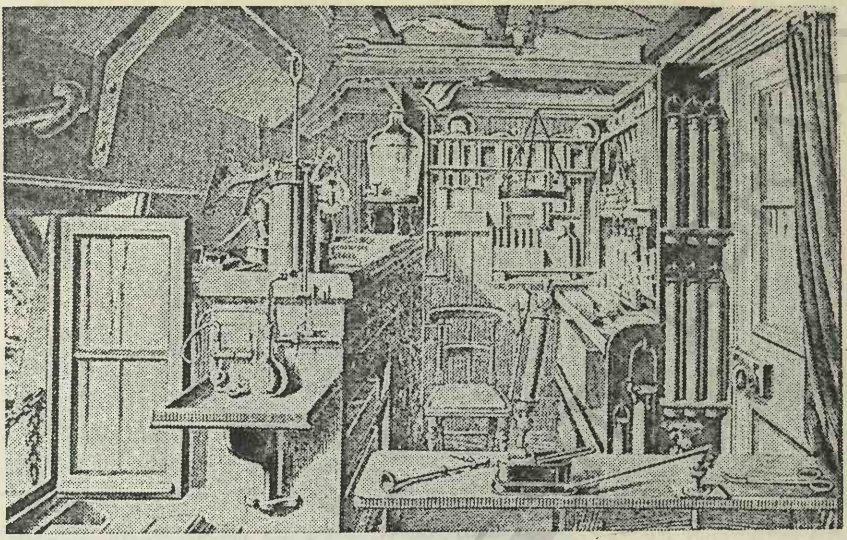
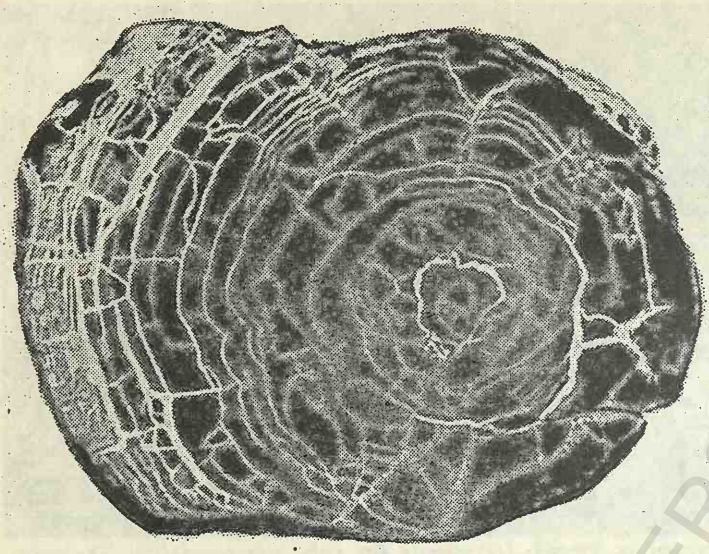


Fig. 5.1 Laborator de chimie la bordul navei „Challenger".

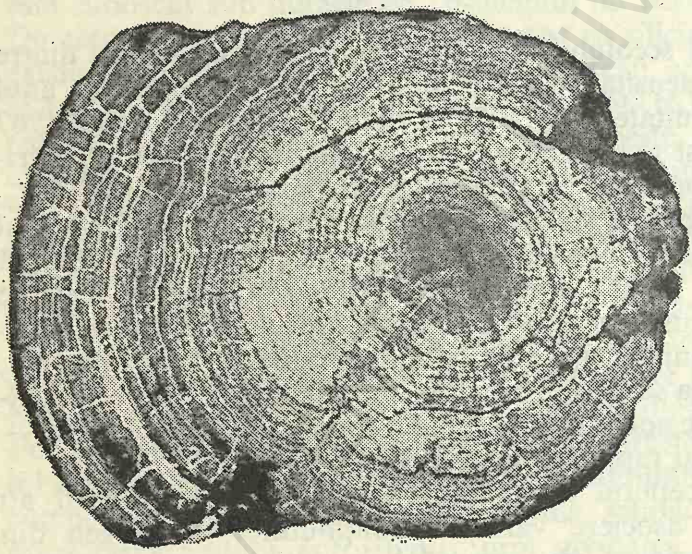
și începutul secolului XX, chimiștii au studiat relația dintre salinitate, densitate și conținutul în clor, stabilind în anul 1902 că salinitatea = 1,8050 clorinitate[2] + 0,03. În anul 1967 relația a fost redefinită sub forma: salinitate = 1,8066 clorinitate. Valorile medii (exprimate în părți la mie) sînt $35^0/_{00}$ pentru salinitate și $19^0/_{00}$ pentru clorinitate. Laboratorul hidrografic din Copenhaga poate furniza probe de apă marină standard a cărei clorinitate este cunoscută, astfel încît se pot face comparații între metodele și rezultatele determinărilor de clorinitate ale diferitelor laboratoare. În ultimii ani, determinarea salinității prin precipitare chimică a fost înlocuită cu metode noi — cum este cea a conductibilității electrice — care sînt mai rapide și de obicei mai precise.

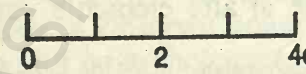
Pe la începutul secolului XX chimiștii oceanografi au început să asocieze variațiile conținutului de oxigen din părțile superioare ale oceanului cu activitatea biologică a plantelor. Pentru a cunoaște și alte elemente care participă

[2] Clorinitatea ($Cl^0/_{00}$) este definită ca greutatea totală (în grame) de clor, brom și iod care există în 1000 g de apă marină, presupunînd că bromul și iodul sînt convertite în greutatea echivalentă a clorului. Datorită dependenței sale de valoarea greutății atomice a argintului, această definiție a fost modificată introducîndu-se greutatea argintului precipitată de 1 kg de apă de mare, adică clorinitatea, $Cl^0/_{00}$ = 0,3285234 Ag.



a





b

Fig. 5.2 Secţiune transversală printr-un nodul de mangan. Depozitele ce conţin astfel de noduli acoperă suprafeţe vaste ale fundului mării. Nodulul din fig. b a fost tratat cu acid şi se pot observa inelele sale de creştere. Materialul alb este constituit din carbonat de calciu depus pe mici fisuri. (Fotografie pusă la dispoziţie de F. T. Manheim).

BCU CLUJ / UNIVERSITY LIBRARY

la procesele biologice au fost studiați diferiți nutrienți[3] ca: nitrați, fosfați, silicați, compuși cu fier și mangan. Cercetătorii angajați în studiul conținutului de substanțe nutritive din apa de mare au avut în vedere variațiile verticale și sezoniere. Studiul nutrienților continuă și astăzi, dar se acordă importanță mai ales studierii vitaminelor, microelementelor (elemente prezente în cantități foarte mici), compușilor organici și influenței lor asupra creșterii și dezvoltării biologice.

Metode analitice perfecționate au furnizat importante cunoștințe asupra elementelor care apar în concentrații foarte mici în apa mării. Măsurătorile, putînd determina concentrații ce ajung pînă la o parte pe miliard, au arătat că în apa de mare există mai mult de 60 de elemente diferite în cantități măsurabile. Multe dintre aceste elemente au fost detectate în organisme marine, înainte de a fi descoperite în apa mării. Este probabil că prin perfecționarea continuă a tehnicilor de măsurare, în mare vor fi găsite urme ale tuturor elementelor naturale cît și ale unor izotopi radioactivi produși pe cale artificială.

Obiectivele actuale

În ultimii ani izotopii radioactivi stabili și instabili au căpătat o deosebită importanță. Datorită utilizării materialelor radioactive se pot evalua efectele timpului asupra proceselor chimice și fizice ale oceanului. Acestea sînt utile mai ales pentru studiul sedimentelor marine, al vîrstei și proceselor de amestec ale apei de mare. Izotopii radioactivi stabili au fost utilizați și pentru cunoașterea proceselor de evaporare ale oceanului.

Tot atît de importantă este și balanța chimică a oceanului, adică raportul dintre procesele prin care produsele de alterare a rocilor de pe uscat sînt antrenate în mare de către rîuri și cele prin care acestea sînt apoi îndepărtate din mare prin reacții chimice și biologice.

[3] Acest termen — *nutrients* —, din limba engleză, se impune tot mai mult în literatura de specialitate, alături de o serie de sinonime ca: substanțe nutritive, substanțe minerale și organice nutritive, substanțe biogene etc., care, toate, prefigurează același sens — elemente sau radicali din combinațiile organice sau anorganice de origine biogenă, avînd un rol în circuitul trofic al oceanului, vitamine și hormoni. — *D.M.*

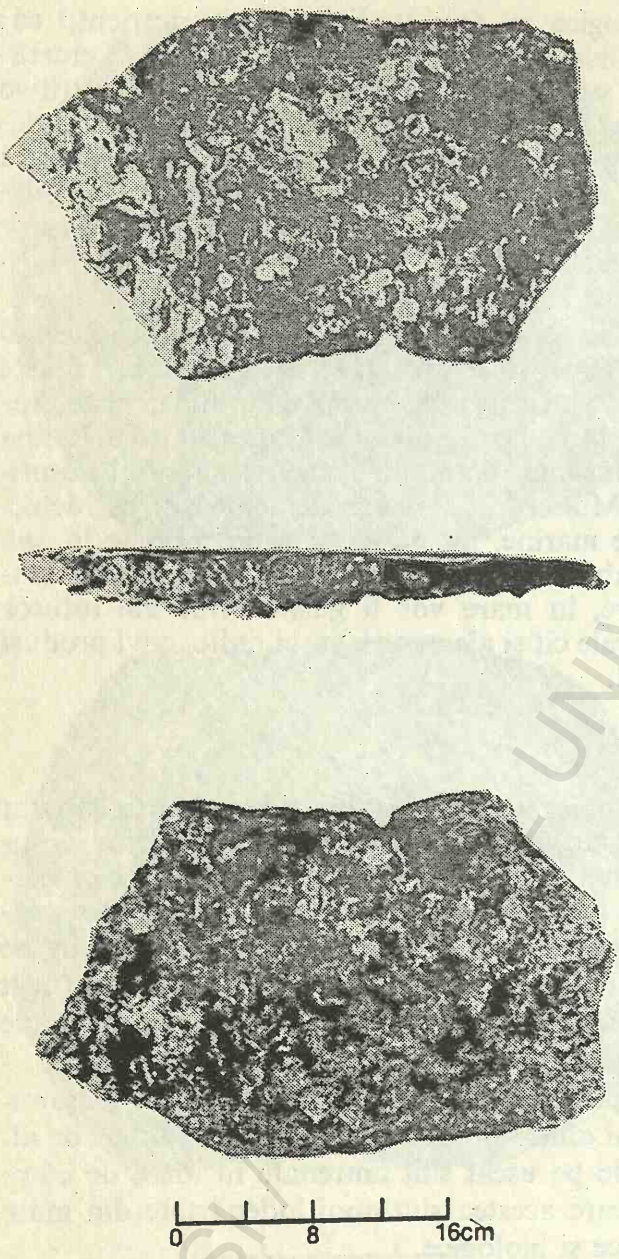


Fig. 5.3 Fragment de fosforit din depozitele care acoperă ca un pavaj Platoul Blake. În această probă există înlocuiri parţiale cu mangan. (Fotografie pusă la dispoziţie de F. T. Manheim şi R. M. Pratt).

BCU IAŞI UNIVERSITY LIBRARY

Determinarea reacţiilor chimico-biologice din apa mării şi a influenţei lor asupra compoziţiei biologice a oceanului va deveni în curînd unul dintre cele mai importante obiective ale oceanografiei chimice, mai ales dacă oceanul va trebui să contribuie la hrănirea populaţiei crescînde a globului.

Alt domeniu de cercetare activă este cel al exploatării lumii minerale a oceanului. Atît în apă cît şi pe fundul oceanului există mari cantităţi de elemente valoroase. Sodiul, bromul, manganul şi alte elemente sînt zilnic extrase direct din apa de mare. Multe dintre acestea, cu importanţă economică, cum sînt manganul, nichelul, plumbul, cobaltul, cuprul şi zincul sînt concentrate în depozitele manganifere care apar în unele zone ale fundului mării (fig. 5.2 şi 8.44). Depozitele bogate în fosfor pot fi exploatate şi folosite ca substanţe fertilizatoare[4] (fig. 5.3).

PROPRIETĂŢILE APEI

Poate că una dintre trăsăturile care conferă Pămîntului o poziţie unică printre celelalte planete este prezenţa unor imense cantităţi de apă lichidă, fără de care viaţa pe care o cunoaştem ar fi imposibilă. La suprafaţa crustei terestre există peste 326 milioane de mile cubice de apă, cantitate care ar putea acoperi suprafaţa Statelor Unite cu un strat de apă gros de 90 de mile. Aproape toată această apă, mai exact 97,2%, se găseşte în oceane (tabelul 5.1), iar 99,35% este înglobată de oceane, gheţari şi calote glaciare. De fapt, apa circulă între oceane, atmosferă şi uscat. Acest **ciclu al apei** este tratat în capitolul 7 (vezi fig. 7.7).

Apa pură este unul dintre cei mai simpli componenţi ai Pămîntului, dar proprietăţile ei sînt deosebit de complexe. Compoziţia sa chimică este simplă: H_2O, adică două părţi hidrogen şi o parte oxigen, dar proprietăţile sînt unice. Marea capacitate de dizolvare şi tensiunea superficială ridicată depăşesc proprietăţile similare ale oricărui alt lichid. De asemenea, apa are o capacitate excepţional de mare de absorbţie a căldurii. Ea se încălzeşte şi se răceşte mai încet decît

[4] Ca îngrăşăminte, fie pentru culturile terestre, fie chiar pentru unele bazine acvatice cu productivitate mai scăzută; în ultimele decenii fiordurile Norvegiei au beneficiat de astfel de amendamente în vederea sporirii bazei trofice a peştilor. — *D.M.*

TABELUL 5.1 CANTITATEA DE APĂ EXISTENTĂ ÎN LUME
(după LEOPOLD și DAVIS, 1966)

Tipuri de acumulări acvatice	Volumul apei (mile cubice)	Procente față de cantitatea totală
Apă de suprafață		
Lacuri dulci	30 000	0,009
Lacuri sărate și mări interne	25 000	0,008
Ape curgătoare	300	0,0001
Total	55 300	0,017
Apă subterană		
Umiditatea solului	16 000	0,005
Apă subterană	2 000 000	0,62
Total	2 016 000	0,625
Calote glaciare și ghețari	7 000 000	2,15
Atmosferă	3 100	0,001
Oceane	317 000 000	97,2
Total (aproximativ)	326 000 000	100

orice alt lichid, exercitînd, din acest motiv, o influență modificatoare asupra temperaturii Pămîntului. Apa pură fierbe la 100°C și îngheață la 0°C.

Molecula de apă este foarte stabilă. S-a crezut, într-un anumit moment, că apa este un element indivizibil, nu un compus chimic constînd din două elemente. Ruperea legăturii dintre atomul de oxigen și cei doi atomi de hidrogen necesită o energie considerabilă. Această legătură dintre atomii de oxigen și hidrogen este numită **legătură covalentă** (fig. 5.4). Hidrogenul dispune de un electron pe orbita sa externă și mai are loc pentru încă unul. Orbita externă a oxigenului are șase electroni și mai există încă două locuri disponibile. Aceste orbite nu sînt stabile[5] cînd sînt incomplete, dar devin foarte stabile cînd se completează, ca în cazul moleculei de apă.

Această legătură covalentă explică unele proprietăți unice ale apei. Prin unirea atomilor de oxigen și hidrogen se obține

[5] Atomul unui element este stabil atunci cînd pe ultimul lui nivel energetic gravitează 8 electroni (sau numai 2 pe orbita externă a hidrogenului). Legătura covalentă se stabilește între doi sau mai mulți atomi, diferiți sau de același fel, care își pun în comun un număr de electroni pentru completarea dubletului (în cazul hidrogenului) sau a octetului. — *D.M.*

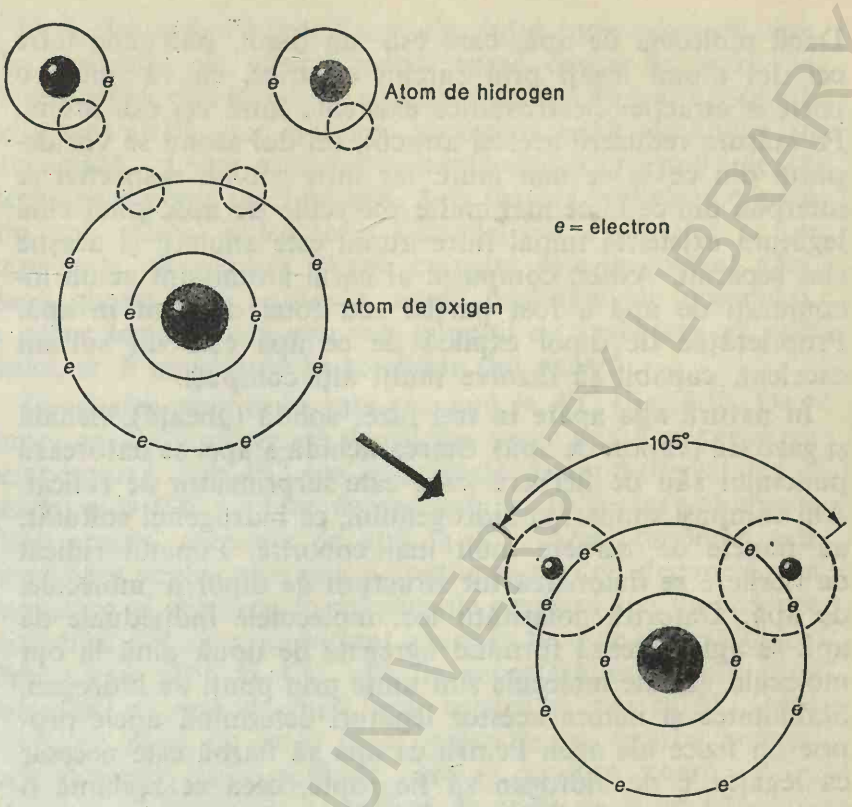


Fig. 5.4 Schema aproximativă a organizării unei molecule de apă formată prin asocierea unui atom de oxigen cu doi atomi de hidrogen.

o moleculă oarecum asimetrică (fig. 5.4), între oxigen și hidrogen existînd un unghi de 105°. Aceasta determină o distribuție inegală a sarcinilor electrice, partea cu hidrogen a moleculei fiind încărcată pozitiv, iar partea cu oxigen dispunînd de o sarcină negativă. O astfel de moleculă este numită moleculă-dipol, iar acțiunea ei este similară cu cea a unui magnet. Cu alte cuvinte, partea sa pozitivă va fi atrasă de (sau va atrage) particule cu sarcină negativă și, în mod similar, partea negativă va fi atrasă de particule încărcate pozitiv. Această acțiune devine importantă cînd apa intră în contact cu numeroși compuși ale căror elemente sînt reținute nu prin legături covalente ci de sarcini electrice[6].

[6] O astfel de legătură se numește legătură ionică și ea constă într-o atracție electrostatică între ionii încărcați cu sarcini electrice contrare. — *D.M.*

BCU IASI - BRAUNIVERSITY LIBRARY

Dacă molecula de apă, care este un dipol, pătrunde între cei doi atomi legați prin sarcini electrice, ea va anula o parte a atracției electrostatice existente între cei doi atomi. Pe măsura reducerii acestei atracții, cei doi atomi se vor depărta din ce în ce mai mult, iar între atomii respectivi se interpun din ce în ce mai multe molecule de apă, pînă cînd legătura existentă inițial între atomi este anulată și aceștia sînt separați. Astfel, compusul ai cărui atomi sînt acum înconjurați de apă a fost parțial sau total dizolvat în apă. Proprietățile de dipol explică de ce apa este un solvent excelent, capabil să dizolve mulți alți compuși.

În natură apa apare în trei faze: solidă (gheață), lichidă și gazoasă (vapori de apă). Starea lichidă a apei se datorează punctului său de fierbere, care este surprinzător de ridicat. Alți compuși similari ai hidrogenului, ca hidrogenul sulfurat, au puncte de fierbere mult mai coborîte. Punctul ridicat de fierbere se datorează tot structurii de dipol a moleculei de apă. Datorită polarității lor, moleculele individuale de apă se aglomerează formînd agregate de două pînă la opt molecule. Aceste molecule sînt unite prin punți de hidrogen. Stabilitatea și natura acestor legături determină unele proprietăți fizice ale apei. Pentru ca apa să fiarbă este necesar ca legăturile de hidrogen să fie rupte, ceea ce reclamă o cantitate de energie importantă și determină existența unui punct de fierbere ridicat. Dacă apa ar consta din molecule libere, neaglomerate, ea ar fierbe la —80°C, iar în condiții normale ar apărea în formă gazoasă.

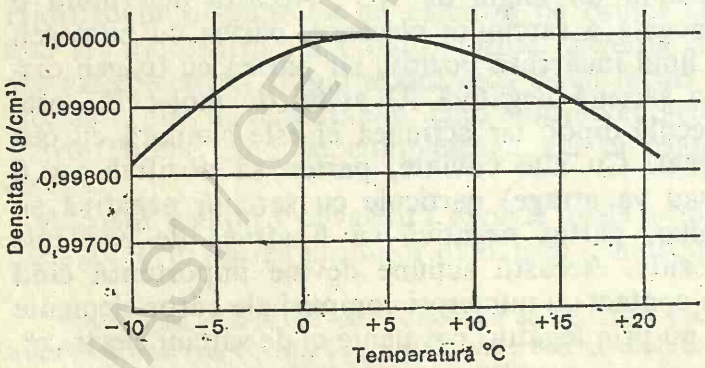


Fig. 5.5 Relația temperatură — densitate în cazul apei dulci. Se observă că densitatea maximă apare la 4°C.

Deşi sînt strîns legate între ele, între moleculele de apă ale cristalelor de gheaţă există spaţii destul de mari. În stare lichidă, moleculele de apă dispun de o legătură comună ceva mai slabă, dar sînt mai apropiate unele de altele. În consecinţă, gheaţa este mai voluminoasă şi mai puţin densă decît apa şi poate pluti pe apă. Apa marină îngheţată constă din apă relativ dulce (căci sărurile sînt eliminate) şi are capacitate de plutire. Acest caracter este important căci, dacă gheaţa s-ar scufunda, apele profunde ale oceanului, a căror temperatură este sub punctul de îngheţare al apei dulci, ar fi constituite în totalitate din gheaţă.

Densitatea apei dulci este maximă la 4°C (fig. 5.5). Deasupra acestei temperaturi densitatea scade odată cu creşterea temperaturii. Sub 4°C apa îşi măreşte volumul (densitatea ei scade) şi la 0°C un bloc de apă este cu 10% mai voluminos decît aceeaşi cantitate de apă la 4°C. Acest fenomen este important pentru alterarea şi eroziunea rocilor, deoarece prin îngheţare şi dilatare, în crăpăturile acestora apa va produce dizlocări. Alt efect important apare în lacurile cu apă dulce. Prin răcire pînă la 4°C, apa de suprafaţă se afundă fiind înlocuită cu apă de fund, mai uşoară şi mai caldă. Dacă apele de fund nu ar fi bine oxigenate, ar apărea mirosul urît al hidrogenului sulfurat, care ar produce moartea celor mai multe organisme ce trăiesc în apele de suprafaţă.

Efectul salinizării apei

Adăugînd sare în apă, proprietăţile normale ale acesteia se modifică. Înainte de adăugarea sării, moleculele de apă pot reacţiona cu uşurinţă unele cu altele, fiind posibilă trecerea de la starea gazoasă la cea lichidă printr-un proces continuu (fig. 5.6). **Ionii** adăugaţi în apă, cum sînt cei de sodiu şi de clor, adiţionează molecule de apă, hidratîndu-se.

Pentru ca apa sărată să fiarbă sau să îngheţe, este necesară o energie mai mare decît cea care menţine legăturile dintre moleculele de sare şi de apă. Aceasta are drept consecinţă creşterea punctului de fierbere şi scăderea punctului de îngheţ al apei de mare în comparaţie cu apa dulce. Cînd apa marină fierbe sau îngheaţă, cea mai mare parte a sărurilor rămîne în faza lichidă, ceea ce determină o creştere a salinităţii.

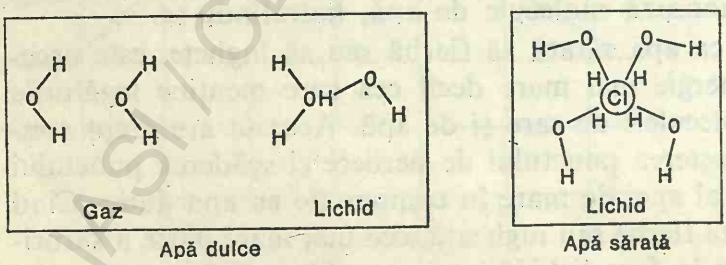
Unele dintre cele mai importante modificări ale proprietăților apei produse prin adăugarea sării sînt următoarele:

1) Căldura specifică (cantitatea de căldură necesară pentru a ridica cu 1°C temperatura unui gram de apă, în condiții de presiune constantă) crește odată cu creșterea salinității. Căldura specifică variază direct proporțional cu temperatura și în cazul apelor cu salinitate normală. Cu alte cuvinte, pe măsură ce crește temperatura, devine mai dificil să se elibereze din sărurile hidratate cele cîteva molecule de apă care au mai rămas. Prin urmare, punctul de fierbere al apei de mare crește odată cu creșterea salinității.

2) Densitatea crește aproape liniar cu ridicarea salinității. Apa pură atinge densitatea maximă la 4°C. Adăugînd sare, scade temperatura densității maxime, iar la salinități mai mari de $20^0/_{00}$ densitatea maximă apare la o temperatură inferioară punctului normal de îngheț (0°C) (fig. 5.7).

3) Punctul de îngheț scade pe măsură ce se adaugă sare (fig. 5.7). Datorită acestui caracter, combinat cu efectul temperaturii și salinității asupra densității (densitatea apei de mare crește pe măsură ce scade temperatura), apa oceanică cu densitatea cea mai mare este apa cea mai rece și cea mai sărată. Apa de mare cu salinitate normală poate rămîne în stare lichidă pînă la temperatura de aproximativ —2°C. Apa ușoară, deci cea cu densitate scăzută, este apa cu temperatură ridicată și salinitate redusă.

4) Presiunea de vapori (reprezentînd ușurința cu care moleculele de apă trec din faza lichidă în faza gazoasă) scade odată cu creșterea salinității, deoarece sărurile au tendința de a face ca moleculele de apă să fie mai puțin accesibile pentru evaporare. Apa dulce se va evapora mai repede decît apa de mare.



Apă dulce

Apă sărată

Fig. 5.6 Ilustrarea diagramatică a diferitelor stări de agregare ale apei și efectul adăugării unui ion.

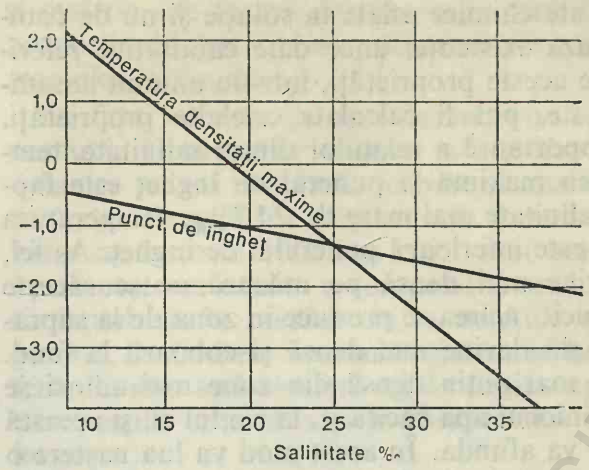


Fig. 5.7 Relațiile dintre temperatură și densitatea maximă și dintre punctul de îngheț și salinitate (După Sverdrup, Johnson și Fleming, 1942).

5) Presiunea osmotică[7] a apei crește pe măsură ce crește salinitatea. Noțiunea de presiune osmotică se referă la trecerea soluțiilor (nu a elementelor dizolvate în soluții) prin membrane semipermeabile[8]. Viteza de trecere prin membrane este mai mare în cazul unei salinități mari. Această caracteristică este foarte importantă pentru organisme, deoarece membranele lor celulare joacă rol de membrane semipermeabile prin care pot trece lichide. Direcția deplasării lichidelor depinde de raportul dintre presiunea osmotică a mediului intern (organismul) și cea a mediului extern (oceanul). Această deplasare este orientată spre mediul mai concentrat.

Unele dintre proprietățile menționate mai sus, și anume: creșterea punctului de fierbere, scăderea punctului de înghețare, scăderea presiunii de vapori și presiunea osmotică sînt numite **proprietăți coligative**. Aceste proprietăți depind de

[7] Osmoza (de la grecescul *osmos* = împingere) este difuziunea care are loc printr-o membrană semipermeabilă, în cursul căreia se separă fie soluția de dizolvantul său, fie două soluții de concentrații diferite. Această difuziune se datorează *forței* îndreptate dinspre dizolvant spre soluție, sau dinspre soluția diluată spre cea concentrată. Această forță raportată la unitatea de suprafață se numește *presiune osmotică*. — *D. M.*

[8] Membrana semipermeabilă este acea membrană prin porii căreia pot trece numai moleculele dizolvantului. Cînd o astfel de membrană separă o soluție de dizolvantul acesteia, difuziunea moleculelor dizolvantului are loc spre soluția respectivă. Membranele semipermeabile pot fi animale, vegetale și artificiale. — *D.M.*

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

numărul de elemente chimice aflate în soluție și nu de compoziția lor. Pe baza existenței unor date cantitative referitoare la una dintre aceste proprietăți, într-un anumit ansamblu de condiții date, pot fi calculate celelalte proprietăți.

O consecință importantă a relațiilor dintre salinitate, temperatură, densitatea maximă și punctul de îngheț este faptul că, în ape cu salinitate mai mare de 24,7‰, temperatura densității maxime este inferioară punctului de îngheț. Astfel, apa oceanică devine mai densă pe măsură ce se răcește (vezi fig. 5.7). Întrucît răcirea se produce în zona de la suprafață, apa superficială devine mai densă și coboară la fund. Apa mai caldă și mai puțin densă din zone mai adînci se va ridica pentru a înlocui apa răcită și, la rîndul ei, și această apă răcindu-se, se va afunda. În acest mod va lua naștere o circulație în profunzime, iar înghețarea nu se va produce pînă cînd întreaga masă de apă nu va ajunge la punctul de îngheț. În general, aceasta nu va avea loc în cadrul unui mare volum de apă. Totuși, dacă salinitatea apei este mai mică de 24,7‰, temperatura densității maxime este atinsă înainte de a se ajunge la punctul de îngheț. Pe măsură ce scade temperatura apei de suprafață, densitatea sa crește pînă la valoarea maximă și apoi scade. Aceasta înseamnă că apa va rămîne aproape de suprafață și se va răci în continuare; la atingerea punctului de îngheț, la suprafață se va forma un strat de gheață. Astfel, relația dintre salinitate, temperatura densității maxime și punctul de îngheț împiedică înghețarea totală a oceanului.

COMPOZIȚIA APEI DE MARE

În zone unde nu debușează rîuri și nu se topesc ghețuri, salinitatea normală a oceanelor variază de obicei în domeniul — 33‰ — 37‰.

Șase elemente principale (clor, sodiu, magneziu, sulf, calciu și potasiu) reprezintă peste 90% din totalul sărurilor aflate în soluție. Raportul dintre aceste elemente și elementele secundare: stronțiu, brom și bor are valoare constantă (principiul Forchhammer), aceștia fiind constituenții „conservatori" ai apei de mare. Cunoscînd concentrația unuia dintre aceste elemente se poate calcula concentrația celorlalte elemente. Ceilalți constituenți ai apei marine sînt reprezentați, în cea mai mare parte, prin gaze dizolvate, compuși organici

și materie sub formă de suspensii, constituenți care apar în proporții diferite. Aceste diferențe sînt datorate, în parte, reacțiilor biologice.

De fapt, compoziția apei de mare nu este foarte bine cunoscută. Unul dintre motive este și faptul că multe zone oceanice nu au fost încă probate și analizate. În plus, concentrația elementelor implicate în procese biochimice poate varia cu factorul 1000 sau chiar mai mult. Altă dificultate în cunoașterea exactă a compoziției apei marine o reprezintă faptul că în mediul marin reacțiile chimice au loc, în general, la limitele oceanului și anume la limita apă-atmosferă, limita apă-biosferă și la limita apă-sediment, adică exact acolo unde procesele chimice sînt cel mai puțin înțelese.

Noțiunile referitoare la compoziția chimică a oceanului vor fi dezvoltate în patru subcapitole: 1) materia anorganică dizolvată; 2) gaze dizolvate; 3) materia organică dizolvată și 4) materia sub formă de particule. Efectelor biologice asupra compoziției chimice a oceanului li se va consacra un subcapitol separat.

Materia organică dizolvată

Cea mai mare parte a apei marine este relativ pură (fig. 5.8), componenții anorganici dizolvați reprezentînd numai aproximativ 3,5 ($35^0/_{00}$) din greutatea sa. Elementele anorganice principale (cele prezente în cantități mai mari de 100 de părți pe milion (ppm) sau 100 mg/l) sînt următoarele: clor, sodiu, magneziu, sulf (de obicei exprimat ca sulfat), calciu și potasiu. Elementele secundare (reprezentînd mai mult de 1 ppm dar mai puțin de 100 ppm) sînt bromul, carbonul, stronțiul, borul, siliciul și fluorul. Cele mai obișnuite elemente rare [9] (prezente în concentrații mai mici de 1 ppm) sînt azotul, litiul, rubidiul, fosforul, iodul, fierul, zincul și molibdenul. Cel puțin încă 50 de elemente (tabelul 5.2) și posibil toate elementele care apar în mod natural sînt prezente în cantități mai mici de 10 părți pe miliard. Trebuie subliniat că concentrațiile multora dintre aceste elemente prezintă variații importante în funcție de loc, timp sau anotimp și de activitatea biologică. Un bun exemplu

[9] Se mai numesc și microelemente. — *D.M.*

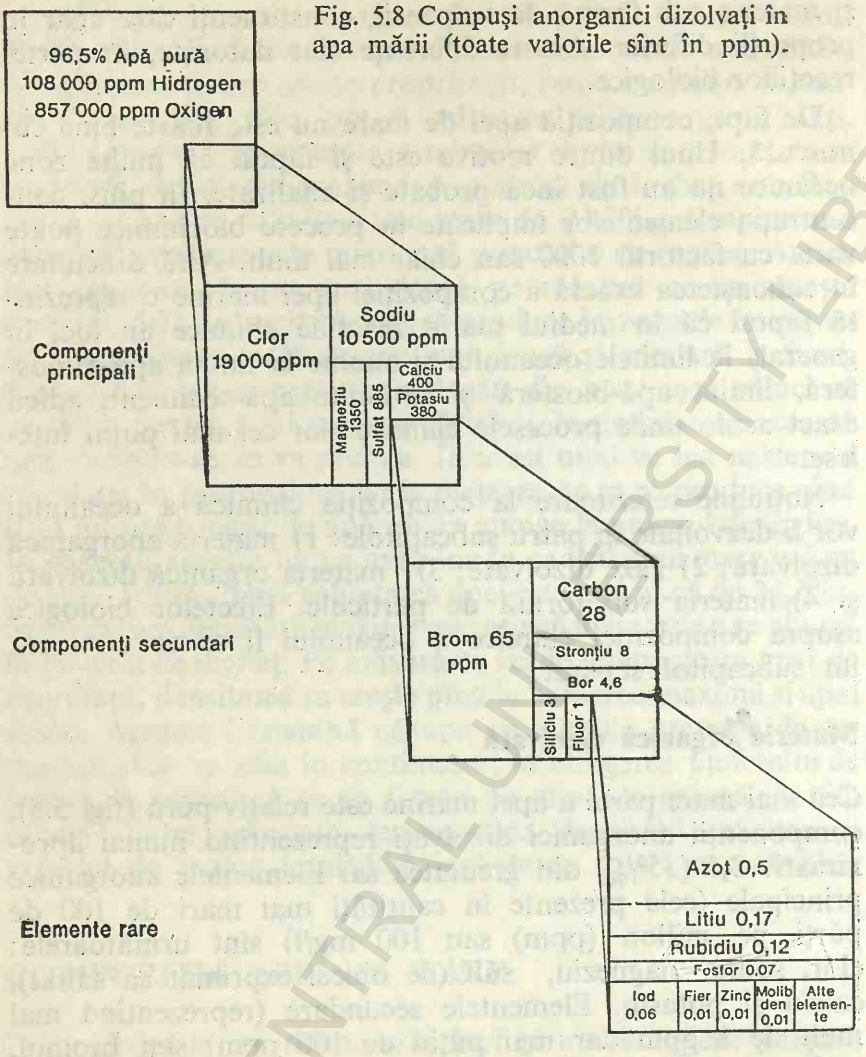


Fig. 5.8 Compuşi anorganici dizolvaţi în apa mării (toate valorile sînt în ppm).

este cuprul, care, după cum a arătat W. R. G. Atkins în anul 1953, în Canalul Mînecii suferă o variaţie sezonieră de la aproximativ 25 părţi pe miliard în timpul iernii, la 1,5 părţi pe miliard în timpul toamnei.

Prin diluarea apei oceanice cu apă de rîu provenită prin drenarea uscatului, proporţia relativă a sărurilor conservatoare poate fi modificată, pentru că apele rîurilor conţin în general mai mult sulfat decît clor şi mai mult calciu decît magneziu.

BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

TABELUL 5.2 ELEMENTELE RARE DIN APA MĂRII (după GOLDBERG, 1963; HOOD, 1963 și 1966)

Element	Concentrație (părți pe miliard)	Element	Concentrație (părți pe miliard)
Carbon	200—3000	Cobalt	0,2—0,7
Litiu	170	Mercur	0,15—0,27
Rubidiu	120	Argint	0,145
Bariu	10—63	Crom	0,13—0,25
Molibden	4,0—12,0	Tungsten	0,12
Seleniu	4,0—6,0	Cadmiu	0,11
Arsen	3,0	Mangan	0,1—8,0
Uraniu	3,0	Neon	0,1
Vanadiu	2,0	Xenon	0,1
Nichel	2,0	Germaniu	0,07
Fier	1,7—150	Toriu	0,05
Zinc	1,5—10	Scandiu	0,04
Aluminiu	1,0—10	Bismut	0,02
Plumb	0,6—1,5	Titan	0,02
Cupru	0,5—3,5	Aur	0,015—0,4
Stibiu	0,5	Niobiu	0,01—0,02
Cesiu	0,5	Galiu	0,007—0,03
Ceriu	0,4	Heliu	0,005
Cripton	0,3	Beriliu	0,0005
Ytriu	0,3	Protactiniu	2×10^{-6}
Staniu	0,3	Radiu	1×10^{-7}
Lantan	0,3	Radon	$0,6\times10^{-12}$

În apa marină elementele apar în mod practic numai ca părți componente ale unor compuși chimici. Unii compuși, cum sînt cei care conțin sodiu și potasiu, sînt foarte stabili; alții, ca de exemplu compușii cu siliciu și mangan, sînt foarte instabili. Stabilitatea relativă a acestor compuși chimici este foarte importantă pentru compoziția oceanului. Se pare că unele elemente se concentrează în ocean, pe cînd altele trec rapid prin sistemul oceanic. Cu alte cuvinte, timpul de rămînere a elementelor în masa oceanului poate fi foarte variabil. (Această interesantă problemă a timpului de rezidență este tratată la pag. 139).

Gaze dizolvate

Cele mai importante gaze din apa marină sînt azotul, oxigenul și bioxidul de carbon. În cantități mai mici apar heliul și gazele inerte: neon, argon, cripton și xenon. În general, gazele prezente în ocean provin din atmosferă, cu excepția unor gaze foarte rare, care rezultă din procesele de dezintegrare radioactivă ce au loc în sedimentele de pe fundul oceanului.

Solubilitatea unui gaz, sau capacitatea lui de a intra în soluție, depinde de trei factori: 1) temperatura gazului și a soluției; 2) presiunea atmosferică parțială a gazului [10] și 3) conținutul de săruri al soluției. Cu excepțiile remarcabile ale oxigenului și bioxidului de carbon, cantitatea celor mai multe gaze din apa marină este determinată, în cea mai mare parte, de acești trei factori. Gazele ale căror concentrații pot fi pronosticate sînt relativ inerte, din punct de vedere chimic, în mediul marin. Dacă un gaz apare în cantități mai mari sau mai mici decît cele indicate de cei trei factori menționați mai sus, înseamnă că există ceva în mediul marin care provoacă această variație. Oxigenul și bioxidul de carbon sînt gaze a căror concentrație poate varia independent de cei trei factori. Prin urmare, aceste două gaze sînt active, din punct de vedere chimic, în mediul marin.

Concentrația oxigenului în apa de mare este variabilă (fig. 5.9 și 5.11). În apele de suprafață concentrația oxigenului depinde de temperatură: cu cît este mai ridicată temperatura cu atît este mai mică solubilitatea unui gaz. Totuși, la cîteva sute de metri adîncime, apare de obicei o zonă de minim a oxigenului sau un strat sărac în oxigen. Acest strat este datorat unui fenomen biologic.

Oxigenul din apa mării provine din două surse: atmosfera și vegetația din ocean. Datorită contactului lor cu atmosfera, apele de suprafață conțin o cantitate previzibilă de oxigen. În unele cazuri se observă o suprasaturare, adică o cantitate extrem de mare de oxigen. De obicei, aceasta este datorată **fotosintezei,** adică procesului prin care plantele, utilizînd bioxid de carbon, apă și energie solară, produc materie organică și oxigen. Întrucît depinde de lumina soarelui,

[10] Prin presiunea atmosferică parțială a unui gaz dintr-un amestec de gaze înțelegem presiunea pe care ar exercita-o acest gaz dacă ar ocupa el singur volumul în care se află amestecul. — *D.M.*

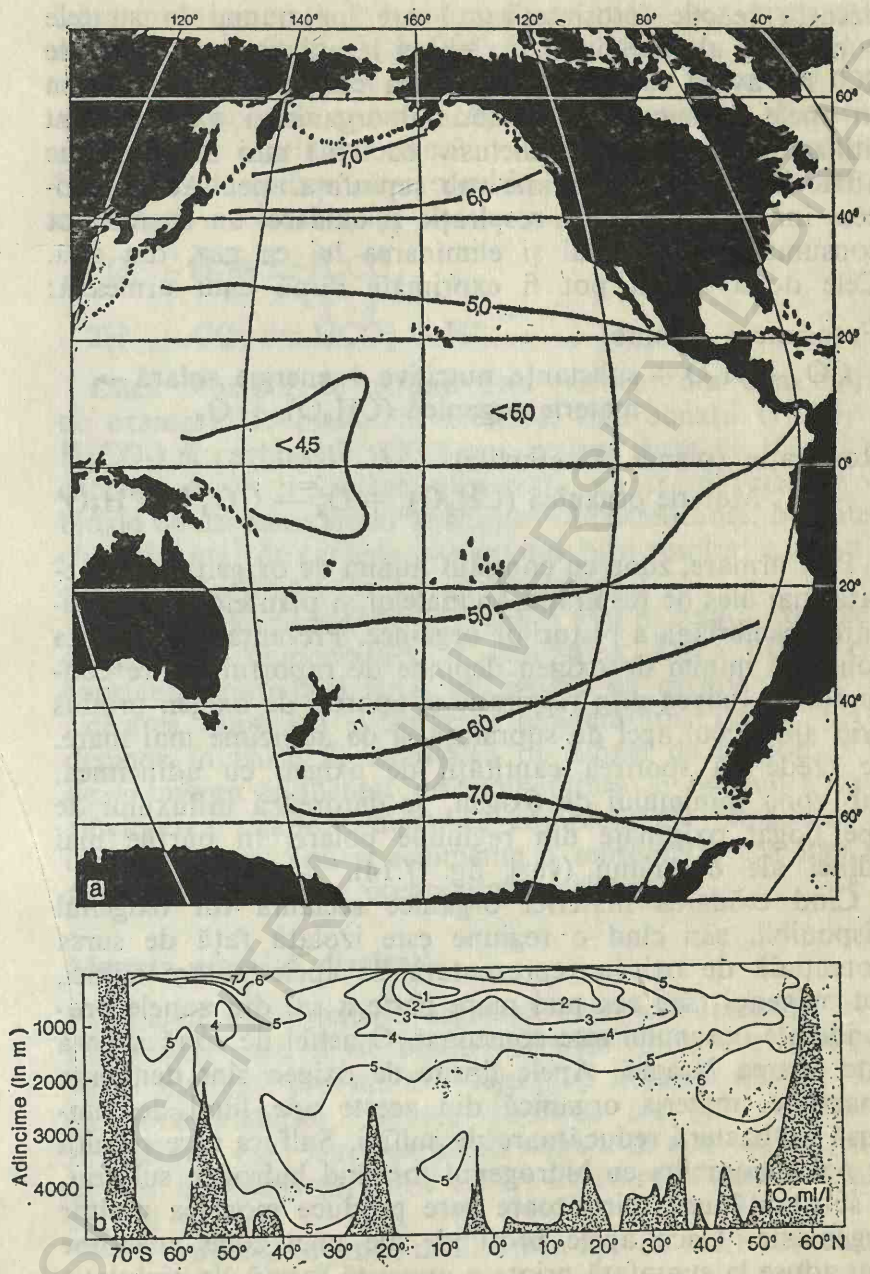


Fig. 5.9 a) Distribuţia oxigenului în apele de suprafaţă ale Pacificului. Concentraţia oxigenului în mililitri/litru; b) Distribuţia oxigenului într-o secţiune verticală prin Oceanul Atlantic. Secţiunea este localizată la est de Dorsala Medio-Atlantică şi paralelă cu direcţia acestei dorsale (după Wattenburg, 1933).

BCU IAŞI CENTRALA UNIVERSITARĂ LIBRARY

această reacție fotosintetizantă are loc numai în stratele superioare ale oceanului, de obicei la adîncimi mai mici de 200 m, avînd ca rezultat creșterea conținutului de oxigen în apele de suprafață. Materialul organic și oxigenul sînt utilizate de organisme (inclusiv bacterii) mai ales în zone aflate la oarecare adîncime sub suprafața apei. Aceste procese înrudite, denumite **respirație** și **oxidare,** au ca rezultat consumarea oxigenului și eliminarea lui ca gaz, din apă. Cele două reacții pot fi exprimate după cum urmează:

Fotosinteză (plante)

$$CO_2 + H_2O + \text{substanțe nutritive} + \text{energie solară} \rightarrow \text{materie organică } (CH_2O)_n + O_2$$

Respirație (plante și animale)

$$\text{Materie organică } (CH_2O)_n + O_2 \rightarrow CO_2 \uparrow + H_2O$$

Prin urmare, zona cu conținut minim de oxigen este generată mai ales de respirația animalelor și plantelor și de oxidarea bacteriană a resturilor organice. Prezența sau absența zonei de minim de oxigen depinde de raportul dintre consumul de oxigen prin respirație și aportul de oxigen produs prin amestecul apei de suprafață și de adîncime mai mare. Se crede că sporirea cantității de oxigen cu adîncimea, sub zona minimului de oxigen, se datorează influxului de ape bogat oxigenate din regiunile polare, în părțile mai adînci ale oceanului (vezi fig. 7.14).

Cînd oxidarea materiei organice reclamă tot oxigenul disponibil, sau cînd o regiune este izolată față de sursa potențială de oxigen reprezentată de apele polare adînci, tot oxigenul (sau cea mai mare parte a sa) din zonele profunde ale oceanului este consumat. O astfel de zonă izolată este Marea Neagră. Apele lipsite de oxigen sînt denumite anaerobe, materia organică din aceste ape fiind descompusă de bacterii reducătoare de sulfați. Sulfura care rezultă se poate combina cu hidrogenul formînd hidrogen sulfurat, o substanță urît mirositoare care produce moartea multor organisme. Dacă apele profunde ale unei zone anaerobe sînt aduse la suprafață printr-o anumită formă de circulație a apei, în apele de suprafață are loc de obicei o mortalitate în masă a lumii animale.

Bioxidul de carbon este mult mai concentrat în apa de mare decît în atmosferă. Unul dintre motive este acela că,

luînd în considerație volume egale de apă și aer, apa poate absorbi o cantitate de bioxid de carbon mai mare decît aerul. Și mai important este faptul că apa de mare este ușor alcalină și conține anumiți cationi, ca magneziu și calciu, ce depășesc cantitativ anionii echivalenți. Aceasta permite bioxidului de carbon să se combine cu apa de mare formînd carbonați și bicarbonați.

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$$
$$\uparrow \downarrow$$
$$2H^+ + CO_3^{=} \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+$$

Dacă bioxidul de carbon este eliminat din apa mării, de exemplu de plante în creștere, bicarbonații (HCO_3^- și H_2CO_3) și carbonații ($CO_3^{=}$) vor deveni surse de bioxid de carbon. Acest mecanism reprezintă un mare rezervor de bioxid de carbon necesar reacțiilor fotosintetizante. Noaptea, cînd bioxidul de carbon este produs prin respirație, el va fi din nou combinat chimic și acumulat.

Bioxidul de carbon din apa mării este în relații complexe cu pH-ul [11], temperatura și salinitatea. Dacă pH-ul este constant, conținutul total de bioxid de carbon crește cu ridicarea salinității și scăderea temperaturii. Totuși, pH-ul depinde în parte de cantitatea de bioxid de carbon, fiind de asemenea influențat de temperatura și presiunea apei. Înțelegerea relațiilor dinamice complexe ale bioxidului de carbon în aer, apă și sedimente a reprezentat cea mai dificilă problemă a oceanografiei chimice.

Materia organică dizolvată

În apa de mare materia organică dizolvată apare în cantități relativ mici și de obicei variabile (între 0 și 6 mg/l). Acest material provine din dejecții și animale moarte. Din categoria materiei organice dizolvate fac parte și azotul și fosforul, care sînt combinați chimic în compuși organici ce vor fi oxidați (în unele cazuri de către bacterii), în azotați și fosfați.

Alți compuși organici dizolvați în apa de mare sînt carbonul organic, carbohidrații, proteinele, aminoacizii, acizii

[11] Unitatea pH reprezintă logaritmul negativ al activității ionilor de hidrogen (sau, în esență, concentrația ionilor de hidrogen). Cînd are valori mai mici de 7, pH-ul indică o soluție acidă, iar dacă este mai mare de 7, soluția are caracter bazic — *N.A.*

organici și vitaminele. Cu excepția nutrienților, azot și fosfor, se cunoaște foarte puțin despre distribuția verticală și orizontală a materiei organice dizolvate. Chimia și distribuția substanțelor nutritive sînt discutate în alt subcapitol.

Materia sub formă de particule

Excluzînd organismele vii, materia sub formă de particule din apa mării este reprezentată de detritus organic, unele combinații complexe de material organic și anorganic și minerale fin granulare. Combinațiile complexe de material organic și anorganic pot explica anumite variații locale ale concentrației unor elemente. Abundența mare a fierului în apele din apropierea țărmului poate fi datorată formării complexelor feric-organice. D. W. Folger și B. C. Heezen (1967) au constatat că în ape oceanice de suprafață apar diatomee de apă dulce și particule minerale aflate la 3800 km depărtare de sursa lor probabilă. Acești autori au ajuns la concluzia că materialul a fost transportat de vînt. Prin urmare, concentrația materiei granulare aflate în apele oceanice variază foarte mult, în funcție de condițiile geografice locale, de producția biologică, condițiile atmosferice și de alți factori necunoscuți.

În concluzie, rezultă că există numeroși factori care controlează sau influențează compoziția chimică a mării și anume:

1) schimburile cu atmosfera;
2) solubilitatea diferiților compuși;
3) reducerea de către bacteriile anaerobe;
4) precipitarea și procesul de schimb cu fundul oceanic;
5) aporturile de apă dulce;
6) înghețarea și topirea apei de mare;
7) reacțiile chimice care controlează sau influențează concentrația diferitelor elemente;
8) procesele biologice, inclusiv procesele vitale, și descompunerea materiei organice.

Reacțiile chimice și procesele biologice fiind deosebit de importante, sînt discutate în detaliu în subcapitolul care urmează.

REACȚIILE CARE INFLUENȚEAZĂ COMPOZIȚIA CHIMICĂ A APEI OCEANULUI

Reacții chimice

Diversele elemente din apa de mare au capacități diferite de a reacționa cu mediul marin. Aceste diferențe de reactivitate pot fi demonstrate construind un model simplu al aportului de elemente introduse în ocean (fig. 5.10). Acest concept, aparținînd lui T. F. W. Barth (1952), presupune că o cantitate a unui element introdus în ocean într-o unitate de timp este egală cu cantitatea aceluiași element precipitat în sediment, cu alte cuvinte, se consideră că există o stare de echilibru. O altă ipoteză este aceea că în ocean elementele sînt amestecate uniform și rapid. Utilizînd aceste supoziții, **timpul de rezidență** al unui element din ocean este definit ca raportul dintre cantitatea de element existent în ocean și ritmul introducerii sale în mediul oceanic sau ritmul de precipitare în sedimente. Examinînd problema timpilor de rezidență, Barth a luat în considerare cantitatea de elemente introdusă de rîuri. În anul 1958, E. D. Goldberg și G. O. Arrhenius s-au ocupat de aceeași problemă, dar ei au utilizat cantitatea de elemente din sedimente. Fără îndoială că modelul reprezintă un tablou foarte simplificat al oceanului. Dar este semnificativ faptul că deși au fost efectuate prin metode diferite, cele două investigații au condus la rezultate foarte apropiate (tabelul 5.3), singura diferență importantă fiind reprezentată de datele obținute privind timpii de rezidență ai calciului. Ceea ce este mai important pentru înțelegerea compoziției oceanului este variația relativ mare a timpului de rezidență corespunzător

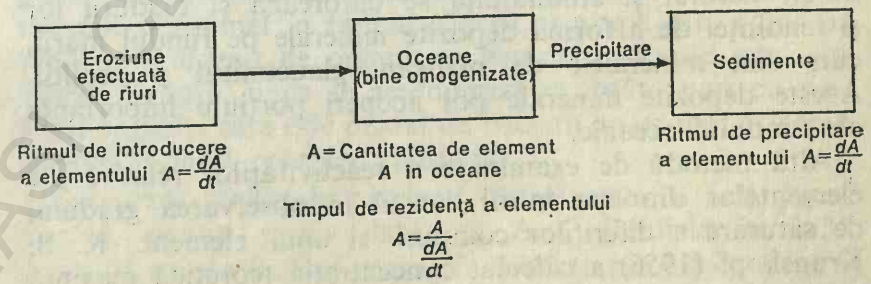


Fig. 5.10 Model simplu al timpului de rezidență.

diferitelor elemente. Unele elemente, ca aluminiul și fierul, rămîn în apa mării numai cîteva sute de ani, pe cînd altele, cum sînt sodiul și magneziul, rămîn milioane de ani.

TABELUL 5.3. TIMPUL DE REZIDENȚĂ AL UNOR ELEMENTE DIN APA MĂRII

Element	Cantitatea în ocean	Timp de rezidență în ani	
		Bazat pe materialul debușat de rîuri (a)	Bazat pe materialul din sedimente (b)
Na	147×10^{20}	$2{,}1\times10^{8}$	$2{,}6\times10^{8}$
Mg	18×10^{20}	$2{,}2\times10^{7}$	$4{,}5\times10^{7}$
K	$5{,}3\times10^{20}$	$1{,}0\times10^{7}$	$1{,}1\times10^{7}$
Ca	$5{,}6\times10^{20}$	$1{,}0\times10^{6}$	$8{,}0\times10^{6}$
Si	$5{,}2\times10^{18}$	$3{,}5\times10^{4}$	$1{,}0\times10^{4}$
Mn	$1{,}4\times10^{15}$	—	$7{,}0\times10^{3}$
Fe	$1{,}4\times10^{16}$	—	$1{,}4\times10^{2}$
Al	$1{,}4\times10^{16}$	—	$1{,}0\times10^{2}$

a) date din Barth, 1952;
b) date din Goldberg și Arrhenius, 1958.

Aceste date arată că elementele cu timp de rezidență mare sînt cele care au reactivitate foarte redusă și de aceea rămîn foarte mult timp în ocean. Timpul mic de rezidență al siliciului, magneziului, fierului și aluminiului este, într-o anumită măsură, datorat activității biologice. Și mai important este faptul că mari cantități de siliciu, fier și aluminiu intră în ocean sub formă de particule. Aceste particule, de obicei constituite din cuarț, feldspat sau din material provenit din activitatea vulcanică, se depun rapid pe fundul oceanului. Reactivitatea chimică mare a manganului, fierului și aluminiului se datorează și oxidării lor și tendinței de a forma depozite minerale pe fundul mării, cum sînt mineralele de mangan, glauconitul și zeoliții. Aceste depozite minerale pot acoperi porțiuni importante ale fundului oceanic.

Altă metodă de examinare a reactivităților relative ale elementelor din apa mării constă în observarea gradului de saturare a diferiților compuși ai unui element. K. B. Krauskopf (1956) a calculat concentrația teoretică maximă a unor ioni metalici din apa de mare, pe baza compusului

cel mai puțin solubil format de ionul respectiv. Dacă valoarea de saturație calculată este similară cu valoarea observată, soluția este saturată și prin urmare, inertă din punct de vedere chimic. Dacă valoarea observată este considerabil mai mică decît valoarea calculată, soluția este nesaturată și reactivă. S-a arătat că elemente ca plumbul, nichelul, cuprul și zincul sînt reactive, pe cînd calciul și stronțiul sînt relativ inerte. Prin urmare, concentrația acestor elemente foarte reactive și nesaturate din apa mării nu este controlată de solubilitatea în apa de mare a diferiților lor compuși, ci de alte reacții. Una dintre aceste reacții posibile, care are loc la interfața apă-sediment, este formarea depozitelor minerale pe fundul mării.

Reacții biochimice

Animalele și plantele exercită o influență considerabilă asupra compoziției apei de mare. Efectele fotosintezei și respirației (ciclul biochimic) asupra conținutului de oxigen și bioxid de carbon din apele de suprafață au fost descrise mai înainte. În timpul fotosintezei este utilizat bioxidul de carbon și se eliberează oxigenul. La adîncime, procesul se inversează în timpul respirației sau al oxidării. Astfel, apele de suprafață pot fi saturate cu oxigen, pe cînd în apele de la adîncimi intermediare oxigenul poate lipsi. Și alte elemente sînt implicate în ciclul biochimic, cele mai importante fiind azotul, carbonul, fosforul și elemente rare ca: siliciul și fierul. Aceste elemente sînt extrase din apa mării prin formarea materialului organic, în timpul fazelor de creștere a plantelor marine și sînt restituite apei de mare ca resturi și produse de descompunere a materialului organic.

În general, pe fundul mării se acumulează puțin material pentru că, în mod obișnuit, materialul organic se distruge sau este consumat în timpul căderii prin apă sau, ajuns pe fund, este digerat de organisme bentonice. Există zone, ca Marea Neagră, unde se acumulează cantități mari de material organic, care este oxidat de bacterii anaerobe, oxigenul disponibil fiind complet consumat.

Cantitatea medie de nutrienți din plancton a fost determinată, pentru prima dată, de A. C. Redfield în 1934 și mai tîrziu de R. H. Fleming în 1940 (tabelul 5.4). Pentru a oxida material organic de acest tip sînt necesari 276 atomi

TABELUL 5.4 RAPORTURILE ATOMICE ALE NUTRIENȚILOR PRINCIPALI DIN PLANCTON

	Carbon	Azot	Fosfor
Fitoplancton	108	15,5	1
Zooplancton	103	16,5	1
Media	106	16	1

de oxigen, cîte 2 atomi de oxigen pentru fiecare atom de carbon și cîte 4 atomi de oxigen pentru fiecare atom de azot. Pentru oxidarea fosforului nu este necesar nici un atom de oxigen. Aceasta contribuie la explicarea absenței oxigenului la adîncimi intermediare ale oceanului (vezi fig. 5.11). Spre deosebire de fotosinteză, fazele de oxidare sînt independente de prezența luminii, deci pot avea loc la orice adîncime.

Distribuția verticală a nutrienților din apă determină existența următoarelor strate (vezi fig. 5.11 pentru fosfor):

1) un strat de suprafață, cu grosime de 100 pînă la 200 m, unde concentrația este scăzută (utilizare în timpul fotosintezei);

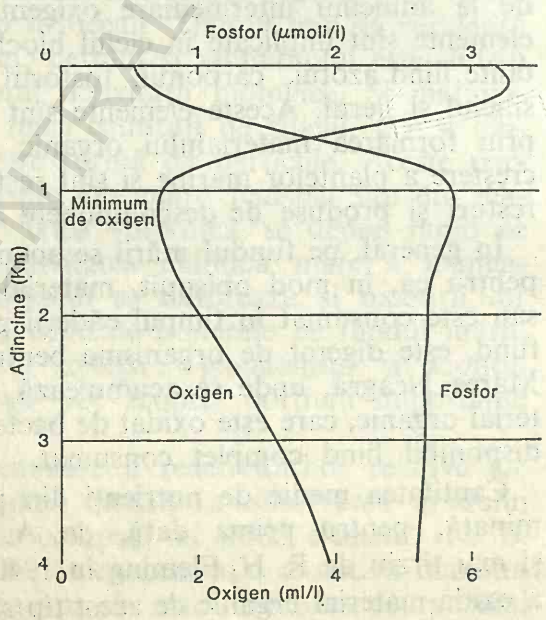


Fig. 5.11 Distribuția verticală a fosforului și oxigenului în ocean.

BCUIASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

2) un strat de cîteva sute de metri grosime, în cadrul căruia concentrația crește rapid;
3) un strat cu concentrație maximă, situat între adîncimile de 500 și 1000 m (de obicei azotul apare la adîncime mai mare decît fosforul);
4) un strat cu concentrație uniformă, care se extinde, de cele mai multe ori, pînă la fund.

În unele cazuri concentrația maximă a nutrienților nu coincide cu concentrația minimă a oxigenului. Aceasta s-ar putea datora prezenței unor nutrienți proveniți dintr-un ciclu anterior sau diferențelor inițiale ale conținutului de oxigen.

Oxidarea și reîntoarcerea ulterioară a nutrienților în apă au ca rezultat formarea unui mare rezervor de apă bogată în substanțe nutritive, sub zona fotică. Datorită circulației fizice a apei acești nutrienți se reîntorc în zona fotică, unde sînt reîncorporați în ciclul biochimic. Acest proces se efectuează în diferite moduri: prin circulația, la scara globului, care există în oceane, prin deplasarea ascendentă a apei — **upwelling** (un tip de amestec pe verticală, vezi pag. 145) — în regiuni de coastă și ecuatoriale și prin amestec vertical anual în regiuni temperate și cu latitudine mare. În capitolul 7 este descris modul în care se produce această circulație. Ca rezultat, apare o mișcare descendentă a elementelor nutritive, datorată reacțiilor biochimice, compensată de o deplasare ascendentă a acelorași elemente ca urmare a circulației apei.

O parte a materialului încorporat în sedimente este eliminată din cadrul sistemului, dar această pierdere este echilibrată de materialul introdus de rîuri sau care provine din alte surse.

În afară de variațiile verticale ale concentrației nutrienților, există și diferențe care apar la scara oceanului, peste care se suprapun variații sezoniere de mai mică importanță. Apele mai adînci ale oceanelor Pacific și Indian conțin mai mult fosfor și mai puțin oxigen, în comparație cu oceanul Atlantic și Bazinul Arctic. Acest fapt se datorează zonei de unde provine apa, compoziției sale inițiale și modificărilor ulterioare datorate factorilor biologici și fizici.

Variațiile sezoniere ale conținutului de nutrienți sînt evidente mai ales în regiunile temperate, unde fitoplanctonul are în fiecare an cîte două perioade de creștere: primăvara și la începutul toamnei. Pentru a determina evoluția

variațiilor sezoniere și schimbările de fază ale fosforului, H. W. Harvey (1950) a studiat atît compoziția animalelor din apă cît și a apei (fig. 5.12). Rezultatele evidențiază clar două perioade de creștere, fiecare dintre ele fiind însoțită de o creștere a fosforului organic dizolvat.

Relatările de pînă acum s-au axat asupra reacțiilor biochimice care afectează nutrienții. Dar multe alte elemente sînt concentrate de organisme și apoi eliberate după moarte sau ca dejecții. Calciul și siliciul sînt utilizați de unele organisme pentru alcătuirea scheletului lor, formînd depozite importante pe fundul mării. Unele specii de crustacee concentrează cuprul, iar altele, cum sînt tunicatele, concentrează mari cantități de vanadiu. În multe organisme, concentrația elementelor rare este superioară celei din apa mării.

Cînd se discută despre distribuția elementelor reactive din apa mării, trebuie să se țină seama și de dinamica apei. De exemplu, dacă deplasarea sau curgerea apei sînt suficient de importante, acest fapt poate umbri diferențele componistice provocate de efecte biologice, evaporare, încălzire sau alte fenomene.

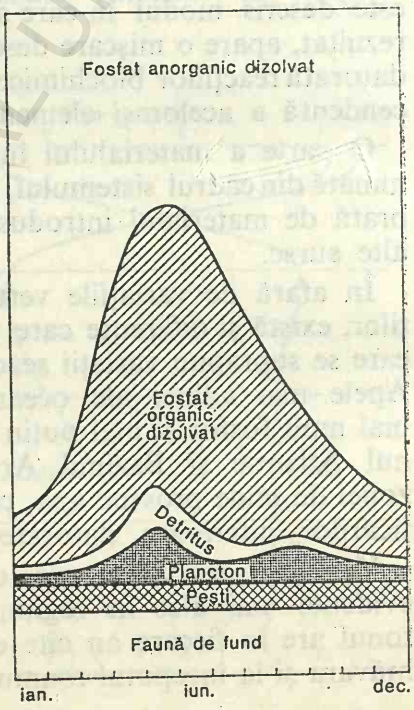


Fig. 5.12 Variația sezonieră a conținutului în fosfați în Canalul Mînecii (După Harvey, 1950, 1960).

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Schimbările de salinitate ale oceanului sînt provocate mai ales de diferențe de evaporare și de precipitații. În regiunile polare, unde precipitațiile sînt relativ intense, apele de suprafață au salinitate mai mică, pe cînd în zonele subtropicale, unde evaporarea este destul de mare, apele de suprafață sînt mai saline.

De obicei, curenții, valurile și alte forme de turbulență amestecă destul de bine stratele superioare de apă. În apropierea uscatului apele calde de suprafață pot fi deplasate de vînturi puternice din larg, fiind înlocuite cu ape mai reci provenite de la adîncime mai mare. Acest proces, numit *upwelling* [12], permite apelor bogate în substanțe nutritive minerale să urce la suprafață pentru a fi utilizate în cursul procesului de fotosinteză.

CHIMIA IZOTOPILOR ÎN OCEANOGRAFIE

Ultimul aspect al oceanografiei chimice de care ne ocupăm este chimia izotopilor, un domeniu de interes și importanță considerabile.

După 1945, progrese importante ale tehnicilor analitice au deschis posibilitatea studierii izotopilor radioactivi și stabili din domeniul oceanic. Fracționarea sau separarea naturală a izotopilor stabili a fost utilă pentru interpretarea unor procese chimice și fizice ale oceanului, cum sînt evaporarea și schimbările de temperatură. Distribuția izotopilor radioactivi, naturali sau proveniți din exploziile atomice, poate fi folosită la studierea istoriei oceanelor și a proceselor dinamice actuale, cum sînt circulația și amestecul apei în ocean. De asemenea, izotopii radioactivi sînt utili pentru măsurarea vitezei de acumulare a sedimentelor oceanice, iar determinarea vîrstei absolute a sedimentelor face posibilă corelarea evenimentelor geologice petrecute în ocean cu cele înregistrate pe continente.

[12] Uneori în limba română se întrebuințează termenul de „izbuc", însă acest termen este încetățenit în limbajul speologilor, pentru care el desemnează o resurgență subterană. — *D.M.*

Izotopii stabili

Importanța studierii izotopilor stabili poate fi demonstrată de izotopii hidrogenului și oxigenului din molecula de apă. Hidrogenul apare sub două forme: H^1, care este atomul comun de hidrogen și reprezintă mai mult de 99,9% din totalul atomilor de hidrogen, și H^2 sau deuteriu, care este mai greu și mult mai puțin frecvent. Oxigenul apare sub trei forme: O^{16}, O^{17} și O^{18}. Cel mai abundent izotop al oxigenului este O^{16}, reprezentînd peste 99,7% din ansamblul atomilor de oxigen.

Presiunea de vapori a moleculelor de apă constituite din izotopi mai ușori, H^1 și O^{16} este mai mare decît în cazul moleculelor cu izotopi mai grei (H^2, O^{17}, O^{18}). Avînd o presiune de vapori mai ridicată, moleculele cu izotopi mai ușori se evaporă mai repede. În condiții de evaporare, componenții cu izotopi mai ușori ai apelor de suprafață marchează o scădere, cantitatea de izotopi mai grei crescînd în funcție de intensitatea evaporării apei. Latitudinea este un factor important, căci în zonele ecuatoriale evaporarea este mai intensă (prin creșterea cantității de izotopi mai grei) decît în regiunile cu latitudine înaltă unde, nu numai că evaporarea este mai lentă, dar mai intervine și topirea gheții, care conține o cantitate relativ mică de izotopi mai grei.

Dacă între ape există o diferență izotopică, acest caracter poate fi utilizat pentru studierea proceselor de amestec. Examinînd datele privind izotopii oxigenului, H. Craig (1961) a ajuns la concluzia că cea mai mare parte a apei de adîncime din Oceanul Atlantic a provenit prin procese de amestec care au avut loc în regiunea arctică. I. Freedman (1953) a determinat distribuția izotopică relativă din numeroase zone oceanice, ca și a apei de ploaie, din rîuri și din gheţari. Rezultatele sale confirmă faptul că apele de suprafață conțin mai mult deuteriu decît apele de adîncime și că apele din regiuni cu latitudini mari sînt de obicei mai ușoare (cantități relativ mai mici de izotopi mai grei) decît apele ecuatoriale. Studiind concentrația diferiților izotopi de oxigen din apa de mare, S. Epstein și T. Mayeda (1953) au remarcat că diferențele măsurate erau mai mari decît diferențele teoretice. De aici au tras concluzia că evaporarea oceanică reprezintă un proces cu faze multiple.

Plantele și animalele cu cochilii care trăiesc în apele de suprafață reflectă diferențele de temperatură ale apei prin raportul dintre oxigen-18 și oxigen-16 (O^{18}/O^{16}) din cochiliile lor. După moartea organismului, cochiliile se depun pe fundul oceanului și sînt încorporate în sedimentele de fund. Din studiul acestor cochilii se pot obține date referitoare la variațiile de temperatură din apele de suprafață, date care rezultă prin determinarea compoziției izotopice a oxigenului din probe. Utilizînd în paralel și izotopi radioactivi, aceste variații pot fi datate cu evenimente care au avut loc pe uscat. Prin folosirea acestei tehnici C. Emiliani a putut determina temperatura apelor de suprafață în care au trăit anumite foraminifere planctonice. Examinînd carote lungi colectate în zone oceanice profunde, Emiliani a reconstituit istoria climatică a apelor oceanice de suprafață din ultimii 300 000 ani (fig. 5.13). Rezultatele sale au fost parțial contrazise de unii cercetători, care argumentează că variațiile compoziției izotopice sînt produse mai ales de condițiile existente în timpul perioadelor glaciare, ghețarii conținînd mai mulți izotopi ușori. Dacă cea de-a doua interpretare este corectă, aceste raporturi indică mai curînd fenomene glaciare decît temperaturi de suprafață ale oceanului. Totuși, în ambele cazuri, aceste date rămîn niște indicatori importanți ai condițiilor care au existat în ocean.

Sedimentele colectate din Marea Roșie au pus în evidență o creștere bruscă a oxigenului-18, la aproximativ 180 cm sub suprafața sedimentului de fund (fig. 5.14). Fiind datată prin metoda carbon-14, această adîncime reprezintă o vîrstă care corespunde ultimei retrageri a ghețarilor și ridicării nivelului mării. Aceste rezultate au fost interpretate ca indi-

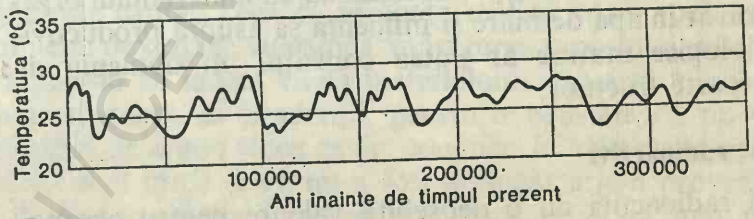


Fig. 5.13 Curba generalizată a temperaturii apelor de suprafață ale oceanului. Datele de temperatură se bazează pe raportul O^{18}/O^{16}, determinarea vîrstei și, în parte, pe cantitatea de C^{14} și raportul Pa^{231}/Th^{230} (După Emiliani, 1964).

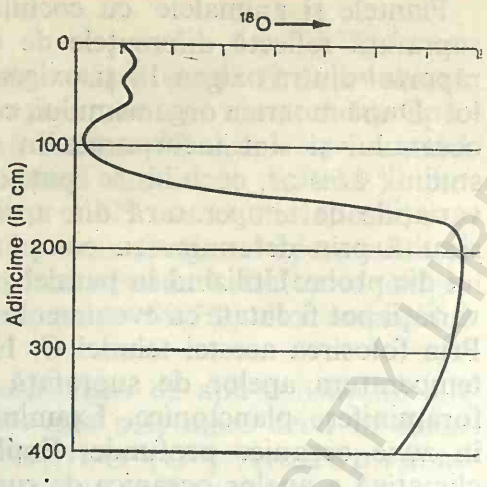


Fig. 5.14 Variația O^{18} de-a lungul unei carote din Marea Roșie. Săgeata indică direcția de creștere a cantității de O^{18} (După Deuser și Degens, 1969).

cînd izolarea temporară a Mării Roșii față de ocean, cînd marea a fost supusă unei evaporări intense, dacă nu totale (ceea ce a determinat creșterea cantității de O^{18} față de O^{16} care a rămas în apă).

Această perioadă a fost urmată de ridicarea nivelului mării (vezi fig. 2.2), inundarea Mării Roșii conducînd la scăderea cantității relative de izotopi mai grei rămași în apă.

De asemenea, în mediul biologic se produce o fracționare a izotopilor, numeroși cercetători observînd o creștere a izotopilor mai grei ai oxigenului în zona cu minim de oxigen. Se pare că planctonul și alte organisme marine, care utilizează material organic în cursul proceselor de oxidare, elimină în mod selectiv izotopii mai ușori ai oxigenului.

Probabil că studierea izotopilor stabili va deveni mai importantă în viitor. În special examinarea materialului organic dizolvat în apa de mare și influența sa asupra productivității biologice marine ar putea constitui un domeniu de studiu foarte fructuos.

Izotopii radioactivi

Izotopii radioactivi au o deosebită valoare pentru oceanograf întrucît cu ajutorul lor el poate să înțeleagă transformările care apar în ocean în cursul unei perioade lungi de timp. Acești izotopi sînt foarte utili mai ales pentru studierea sedimentelor de apă adîncă depuse în mod lent. Pe lîngă

faptul că poate utiliza izotopii pentru determinarea ratei absolute de sedimentare, geochimistul are posibilitatea să stabilească corelații sau echivalențe cronologice ale fenomenelor geologice pe mari zone ale oceanului și chiar să le coreleze cu fenomene care au avut loc pe uscat.

Izotopii radioactivi din ocean și din sedimentele oceanice au provenit pe următoarele căi:

1) din material format odată cu geneza Pământului;
2) din reacții cosmice și solare cu atmosfera;
3) datorită reacțiilor atomice produse de om.

Primul grup fiind prezentat în capitolul 2, voi menționa aici numai una dintre utilizările izotopilor cu această origine, aceea a estimării ritmului de sedimentare a sedimentelor de mare adîncă depuse foarte lent. Pentru această datare pot fi utilizați anumiți membri ai seriei radioactive a uraniului și anume Pa^{231} (protactiniu) și Th^{230} (ioniu). Acești izotopi au fost înglobați în sedimente din două surse: prin precipitarea din soluție în apa mării (cea mai importantă) și prin dezintegrarea uraniului în sedimente. Deși acești izotopi apar în sedimente în cantități foarte mici (în general măsurate în părți pe miliard sau mai puțin), concentrațiile par să fie într-o relație strînsă cu ritmul de sedimentare, determinat prin alte metode. Seria radioactivă a uraniului poate fi folosită mai ales pentru datarea materialului a cărui vîrstă este mai mică de aproximativ 300 000 de ani.

Una dintre căile de datare a materialului mai vechi este metoda care utilizează sistemul potasiu-argon. Potasiu-40 se dezintegrează (cu un timp de înjumătățire de $1{,}3 \times 10^9$ ani) în argon-40, care este un gaz. Dacă acest gaz este captat, ceea ce se poate realiza într-o rocă sau un mineral de origine vulcanică, măsurarea raportului potasiu-40 /argon-40 va indica vîrsta materialului. Această tehnică trebuie utilizată cu prudență, pentru a constata că nu există pierderi de argon (ceea ce ar conduce la determinarea unei vîrste mai mici) și că nu a fost adăugat argon provenit din alt proces chimic (ceea ce ar indica o vîrstă mai mare). Metoda potasiu-argon este deosebit de utilă în cazul materialului vulcanic interstratificat cu sedimente de mare adîncă. Întrucît materialul vulcanic a fost topit, se poate presupune că orice argon relict a fost eliminat și că tot argonul prezent a provenit prin dezintegrarea potasiului-40.

Vîrsta unor sedimente vechi se poate determina și pe baza inversării periodice a cîmpului magnetic, care a avut loc în decursul timpului geologic. Acest fenomen a avut ca rezultat inversarea polilor magnetici nord și sud ai Pămîntului. În cursul răcirii unei roci vulcanice, mineralele magnetice din constituția sa păstrează orientarea cîmpului magnetic terestru existentă în timpul solidificării. Datarea cu izotopi radioactivi a secvențelor vulcanice care apar pe uscat a permis să se stabilească o cronologie a acestor inversiuni. Ultima inversiune, căreia i se datorează actuala situație magnetică, a avut loc acum aproximativ 700 000 ani (vezi fig. 8.50). Și sedimentele de mare adîncă conțin minerale magnetice care se aliniază cîmpului magnetic existent în timpul depunerii mineralelor. Examinînd orientarea lor magnetică, sedimentul poate fi atribuit uneia dintre perioadele magnetice, putînd fi, în acest fel, datat. Această tehnică este foarte utilă căci permite corelarea ușoară a carotelor pe zone mari (fig. 5.15). Datarea inversiunilor magnetice

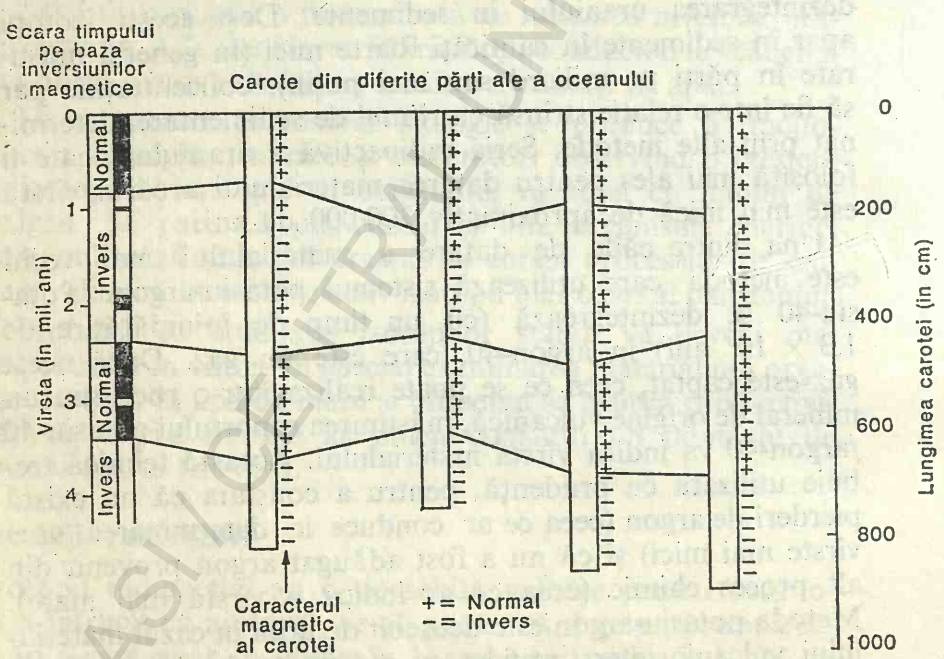


Fig. 5.15 Utilizarea efectelor inversării cîmpului magnetic pentru corelarea carotelor colectate din diferite zone adînci ale oceanului. Scara timpului magnetic a fost stabilită prin datarea pe uscat a inversiunilor. După caracterul lor magnetic, carotele pot fi corelate între ele și cu scara cronologică.

este importantă și pentru recenta ipoteză a expansiunii fundului mării, care se referă la originea bazinelor oceanice (vezi capitolul 8).

Izotopii produși în cursul reacțiilor cosmice și solare cu atmosfera sînt uneori importanți pentru oceanografi datorită timpilor de înjumătățire relativ scurți ai acestor izotopi (tabelul 5.5). Timpii de înjumătățire mici permit măsurarea unor evenimente care se produc pe durata unor anumitor fenomene oceanografice, cum sînt procesele de circulație și ratele de sedimentare.

TABELUL 5.5 ANUMIȚI IZOTOPI RADIOACTIVI, TIMPII DE ÎNJUMĂTĂȚIRE ȘI SURSELE LOR

Izotop	Timp de înjumătățire	Sursa
C^{14}	5560	Radiații cosmice și bombe nucleare
Si^{32}	500	Radiații cosmice
H^{3}	12	Radiații cosmice și bombe nucleare
Sr^{90}	28	Bombe nucleare
Cs^{137}	30	Bombe nucleare

Probabil că cel mai util izotop este carbonul-14 (C^{14}). El se formează prin interacțiunea radiațiilor cosmice cu atmosfera, care creează neutroni cu energie înaltă. Aceștia sînt, în cea mai mare parte, captați de azotul-14 și transformați în carbon-14. C^{14} se combină cu oxigenul, producînd CO_2 care, prin schimb cu atmosfera, intră în ocean unde este utilizat în procesele vitale. C^{14} se dezintegrează cu o viteză constantă: timpul său de înjumătățire este de 5560 ani.

În organisme sau în apele de suprafață C^{14} este în echilibru cu mediul. După moartea organismului sau după scufundarea masei de apă, cantitatea de C^{14} începe să scadă cu timpul (reducere de 50% în 5560 ani). Prin urmare, măsurarea cantității de C^{14} va indica de cît timp materialul a încetat să fie în echilibru cu mediul. În ce privește apa, vîrsta care rezultă reflectă și gradul de amestec cu ape ce au diferite vîrste, stabilite pe baza C^{14}.

C^{14} este utilizat numai pentru datarea materialelor a căror vîrstă este mai mică de 50 000 sau 60 000 de ani.

Aceasta se datorează timpului său de înjumătățire relativ scurt și dificultății de a detecta cantitățile mici care mai rămîn după această perioadă de timp. În cazul datării pe baza izotopului C^{14}, este necesar să se ia în considerație două corecții: o corecție care să înlăture efectul carbonului introdus recent în atmosferă datorită arderii combustibilului fosil, iar cealaltă pentru C^{14} produs de explozii nucleare.

Utilizarea C^{14} la datarea sedimentelor reprezintă o metodă deosebit de valoroasă pentru înțelegerea recentei istorii glaciare a oceanelor. C^{14} a fost folosit și pentru calcularea vîrstei diferitelor mase de apă (adică perioada de timp de cînd apa a părăsit suprafața). Aceste calcule sînt bazate pe numeroase presupuneri și depind, de obicei, de modele cu complexități diferite. Vîrstele variază după tipul de model, dar s-a căzut de acord că apa adîncă a Pacificului are între 1000 și 1600 ani, iar cea din zonele adînci ale Atlanticului are aproximativ jumătate vîrsta primei.

Utilizarea multor altor izotopi radioactivi depinde de perfecționarea metodelor de detectare și de mai buna înțelegere a modului lor de introducere în ocean. Radiu-226, din cadrul oceanului, prezintă o utilizare potențială interesantă, căci provine prin eliberarea din sedimente și poate fi utilizat pentru a controla C^{14}. Siliciu-32 ar putea fi util în cercetarea problemelor de amestec al apelor, dar există în cantități mici și este greu de detectat.

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

6 Oceanografia biologică

INTRODUCERE

MEDIUL BIOLOGIC AL MĂRII

POPULAȚIA OCEANULUI

ORGANISMELE ȘI OCEANUL

CICLUL TROFIC

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

INTRODUCERE

Dintre toate aspectele oceanografiei, se pare că oceanografia biologică a intrigat și fascinat omenirea în cea mai mare măsură. Încă nu sînt complet cunoscute toate miriadele de specii ale lumii oceanice și nici distribuția lor în mediul marin. Rareori trec o zi sau două fără a se descoperi o nouă formă de viață. Posibilitatea găsirii de noi monștri marini este unul dintre subiectele favorite ale ziarelor și revistelor. A fost întreprinsă chiar o expediție care a căutat timp de șapte ani un monstru în Lacul Loch Ness din Anglia.

Dar oceanografia biologică nu este întotdeauna fascinantă. Oamenii de știință petrec perioade lungi de timp pe mare colectînd și studiind mii de viețuitoare. Aceasta pentru că fiind foarte dificil să se simuleze condițiile oceanografice în laborator, multe importante laboratoare de cercetări lucrează în condiții diferite de cele ale „oceanului real". Pe măsură, însă, ce vom înțelege mai bine marea și reacția sa ca mediu biologic, vor crește și posibilitățile noastre de a simula aceste condiții în laborator.

Raportul Comisiei de Oceanografie de pe lîngă Comitetul științific consultativ al președintelui S.U.A., din 1966, a sugerat ca oceanografia biologică, sau biologia marină, să fie abordată sub toate aspectele. Comisia a definit patru domenii principale de cercetare:

1) populațiile animalelor și plantelor, relațiile lor reciproce și raporturile lor cu oceanul;
2) caracteristicile unice ale diverselor organisme marine care fac posibilă existența lor în cadrul oceanului;
3) utilizarea organismelor marine ca material experimental unic pentru cercetări privind probleme biomedicale;
4) procesele și factorii care privesc producerea hranei pe baza resurselor marine.

În capitolul de față voi dezvolta toate aceste aspecte, cu excepția celui al utilizării organismelor marine în cercetarea biomedicală, subiect ce depășește scopul acestei cărți.

Următoarele secțiuni ale acestui capitol se referă la istoria oceanografiei biologice, marea ca mediu biologic, animalele și plantele marine în relațiile lor reciproce și față de

BCU IAȘI

ocean, procesele producerii materiei organice (hranei) în mediul marin. Voi trata despre resursele biologice ale oceanului în capitolul 9.

Istoria oceanografiei biologice

Se poate afirma cu certitudine că omul primitiv avea unele cunoștințe privitoare la hrana care se putea obține din mare. În zonele străvechi locuite se găsesc în mod frecvent mari cantități de cochilii marine și alte dovezi că „hrana marină" era mult folosită în vremurile acelea.

Cu timpul, unii dintre primii cercetători ai mării au fost preocupați de adîncurile oceanului, interesul altora fiind îndreptat către distribuția vieții — în special către existența ei în marile adîncimi ale oceanului. Probele cu viețuitoare de fund erau obținute, de obicei, cu dispozitivele utilizate pentru sondaje submarine și din dragaje.

C.G.Ehrenberg (1795—1876) a fost unul dintre primii cercetători mai importanți ai biologiei marine. Ehrenberg a observat că multe dintre rocile silicioase pe care le studia pe uscat erau compuse din schelete de organisme microscopice, ca diatomee și radiolari, și din spiculi de spongieri, și că organisme similare puteau fi găsite vii în ocean. Aceasta l-a făcut să ajungă la concluzia că multe dintre rocile găsite pe uscat trebuie să se fi format pe fundul mării.

Pe baza studiului organismelor marine, Edward Forbes a divizat, în 1844, oceanul, în opt zone. El a observat că, deși în cantități mai mici decît în apa de suprafață, viața animală există pînă la adîncimea de 300 fathomi; Forbes credea că mai jos de această adîncime nu există viață, observație surprinzătoare avînd în vedere faptul că fuseseră colectate exemplare de animale de la adîncimi mai mari. Controversa care a rezultat a fost însă utilă științei oceanografice în continuă înflorire, căci a stîrnit interesul asupra acestui domeniu și a contribuit la inițierea expediției „Challenger" (1872—1876).

Alt fapt care a stimulat interesul pentru oceanografie a fost amuzantul mister „Bathybius". S-a descoperit că mîlurile calcaroase colectate de pe fundul mării conțineau o ciudată substanță gelatinoasă pe care unii o considerau o formă primitivă de viață numită Bathybius; acesteia i s-a atribuit chiar statutul de gen și specie. Misterul a avut un sfîrșit

lipsit de glorie cînd cercetătorii expediției „Challenger" au găsit că Bathybius reprezenta, de fapt, rezultatul interacțiunii dintre alcoolul în care se păstra materialul și proba colectată.

Importanta expediție întreprinsă de nava „Beagle", avîndu-l pe Charles Darwin la bord, a avut loc între anii 1831 și 1836. Deși rezultatele obținute de Darwin s-au publicat după mulți ani, ele au contribuit substanțial la înțelegerea evoluționismului, iar cercetările sale, ca și cele ale lui Forbes, i-au stimulat pe alții să organizeze noi expediții.

Expediția „Challenger" a reprezentat, în mod evident, unul dintre progresele cele mai mari din domeniul oceanografiei biologice. Această expediție a adunat mari cantități de date privitoare la animalele și plantele oceanice. Au mai existat totuși multe alte expediții importante, dar nu atît de bine cunoscute, care au adus contribuții însemnate în oceanografia biologică. Studii remarcabile au fost făcute de J. Vaughan Thompson — unul dintre primii care au folosit un fileu pentru colectarea planctonului, Johannes Müller, un naturalist german, Sir John Murray și Victor Hensen, care a studiat și a dat denumirea planctonului. Acești pionieri ai cercetării oceanografice erau interesați mai ales de colectarea, descrierea și studierea organismelor. În anii care au urmat, s-au realizat progrese în înțelegerea relațiilor intime dintre organisme și chimismul apei marine. Cercetările descriptive continuă, dar pe măsură ce diferitele grupuri de organisme devin mai bine cunoscute, necesitatea acestor studii scade. Accentul se pune pe cercetarea mediului, pe interrelațiile dintre organisme precum și pe producerea materiei organice.

MEDIUL BIOLOGIC AL MĂRII

Organismele marine sînt imerse în mod constant și în același timp spălate de apa mării. Această situație prezintă numeroase avantaje dar și unele dezavantaje. De exemplu, orice schimbare a stării fizice sau chimice a apei va fi transmisă imediat organismelor. Din fericire, caracterele fizice și chimice ale apei de mare tind să fie relativ stabile, iar organismele marine nu sînt expuse unor schimbări rapide ale mediului, așa cum se întîmplă pe uscat. Viețuitoarele marine au și alt avantaj față de cele terestre și anume acela că sînt

ferite de efectele desicării sau uscării. Pentru a păstra sau a obține mai multă apă, animalele terestre au fost nevoite să-și formeze o piele sau solzi protectori, iar plantele și-au dezvoltat sisteme extinse de rădăcini. Așa cum rezultă din capitolul 5 și cum se va arăta și în acest capitol, organismele influențează chimismul apei de mare utilizînd anumite elemente în procesele lor vitale. În ceea ce urmează vor fi discutate unele dintre caracterele fizice și chimice ale apei de mare, deosebit de importante din punct de vedere biologic.

Proprietăți ale apei marine cu importanță biologică

Apa este un element esențial vieții, necesar pentru producerea hranei de către plante. Din acest punct de vedere, o proprietate importantă a apei este solvența sau capacitatea sa de dizolvare, datorită căreia poate îngloba gazele și mineralele necesare vieții animale și vegetale.

Apa de mare reprezintă un mediu propice multor organisme, eliminînd uneori necesitatea unei structuri scheletice rigide. Astfel de organisme sînt meduzele și alte animale mici care plutesc în ocean. De asemenea, marea oferă posibilitatea de existență celor mai mari animale cunoscute, adică balenelor. Printre animalele de uscat nu există structuri scheletice capabile să suporte o masă așa de mare. (Și cei mai mari dinozauri au fost tot acvatici.)

Apa de mare este o soluție tampon, adică rezistă la variații către o stare mai alcalină sau mai acidă. Ea este ușor alcalină, avînd pH-ul între 7,5 și 8,4. Aciditatea sau alcalinitatea apei este determinată de concentrația de ioni de hidrogen (H^+) sau de hidroxili (OH^-). Dacă în soluție apar cantități egale ale acestor ioni, se spune că soluția este neutră. Dacă concentrația ionilor H^+ este mai mare decît a celor de OH^- soluția este acidă, iar dacă este mai mică, soluția este alcalină. Aceste concentrații sînt exprimate, în mod convențional, prin pH (vezi nota infrapaginală de la pag. 137). Starea alcalină a apei de mare este necesară organismelor care secretă carbonat de calciu pentru cochilii. Alt avantaj al apei de mare ca soluție tampon constă în posibilitatea de a îngloba cantități mari de carbon, sub formă de CO_2, fără schimbarea pH-ului, carbonul fiind necesar plantelor pentru producerea materiei organice.

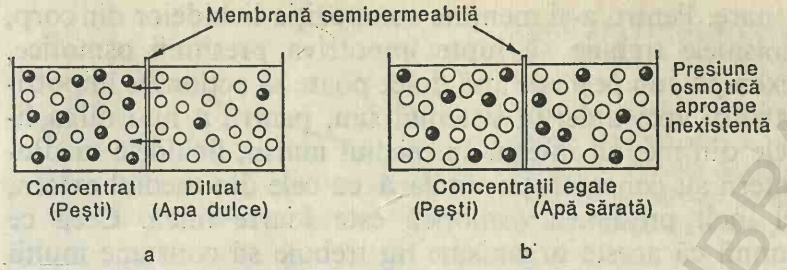


Fig. 6.1 a) Diagramă care ilustrează efectul osmotic asupra unui animal care trăieşte într-un lichid cu concentraţie diferită de cea a lichidelor mediului său intern. Din această cauză se creează o presiune osmotică, contra căreia animalul trebuie să lupte pentru a-şi menţine constituţia internă; b) Concentraţia lichidului mediului intern şi a celui extern sînt similare, presiunea osmotică rezultată fiind practic nulă. Cazul *a* este asemănător situaţiei unui peşte de apă dulce, iar cazul *b* se referă la peştii de apă sărată.

Transparenţa apei de mare este o altă proprietate importantă din punct de vedere biologic. Lumina poate să pătrundă în apa de mare pînă la o adîncime considerabilă, şi cum fotosinteza depinde de prezenţa luminii, acest important proces nu este restrîns la cei cîţiva metri de la suprafaţa oceanului ci, în funcţie de claritatea apei, poate avea loc pînă la adîncimi de 200 metri sau mai mult.

Apa de mare are o capacitate calorică ridicată şi, de asemenea, o căldură latentă de evaporare mare. Aceste două caracteristici previn variaţiile rapide ale temperaturii, care ar putea avea efecte dăunătoare pentru cele mai multe forme de viaţă marină.

Elementele existente în apa de mare sînt foarte importante din punct de vedere biologic (vezi tabelul 5.2). Aceste elemente şi raporturile dintre ele sînt uimitor de asemănătoare cu cele ale lichidelor din corpul celor mai multe organisme marine şi întrucîtva similare celor din corpul animalelor terestre. Această similitudine dintre mediul extern (oceanul) şi mediul intern (lichidele din corpul organismelor) este un punct critic pentru osmoză. Acest fenomen apare cînd două soluţii cu concentraţii diferite sînt separate de o membrană semipermeabilă. În cazul existenţei acestor diferenţe de concentraţie, de o parte sau de alta a membranei se creează o presiune osmotică. Astfel, apa se va deplasa prin membrană către soluţia mai concentrată (fig. 6.1). Cu cît diferenţa de concentraţie este mai mare, cu atît şi presiunea osmotică este

mai mare. Pentru a-şi menţine compoziţia lichidelor din corp, organismele trebuie să lupte împotriva presiunii osmotice. De exemplu, un peşte de apă dulce poate să acţioneze împotriva intrării apei dulci în sistemul său, pentru a nu-i dilua lichidele din mediul intern. În mediul marin, lichidele mediului intern au concentraţie similară cu cele din mediul extern, astfel încît presiunea osmotică este foarte mică. Ceea ce înseamnă că aceste organisme nu trebuie să consume multă energie pentru menţinerea constanţei mediului intern. Posibilitatea de a menţine echilibrul osmotic în apă sărată, în comparaţie cu apa dulce, ar putea explica de ce unele animale de apă sărată depăşesc ca dimensiuni cele mai mari animale de apă dulce.

Caracterele generale ale oceanului ca mediu biologic

În cadrul oceanului, temperatura variază de la aproape —2°C la peste 40°C. Salinitatea poate fi aproape de zero în estuare şi în zone apropiate de ţărm, ajungînd la aproximativ 4% în Marea Roşie. Adîncimea depăşeşte 10 000 m. Presiunea, datorată greutăţii coloanei de apă, înregistrează valori de la 1 atmosferă (14,7 lb/in^2 sau aproximativ 1 kg/cm^2) la suprafaţă, pînă la peste 1000 atmosfere (atm) în zonele profunde. Presiunea creşte cu 1 atm la fiecare 10 m adîncime. Pătrunderea luminii este, de asemenea, variabilă, lumina soarelui neajungînd niciodată la adîncimi mai mari de 1000 m. Deşi domeniul de variaţie al acestor condiţii este destul de larg, numeroase zone întinse se bucură de condiţii uniforme. Temperatura, de pildă, prezintă valori similare în cuprinsul unor mari regiuni oceanice (fig. 6.2, 7.3 şi 7.4). De fapt salinitatea este foarte constantă în apele de suprafaţă din largul oceanului, variind între 3,3% şi 3,7%, numai în zone izolate atingînd valori mai mari. Salinitatea apelor mai adînci este şi mai uniformă, limitele de variaţie normală fiind între 3,46% şi 3,5%. Deşi este evident că presiunea are un anumit efect asupra vieţii animale, datorită unor adaptări funcţionale speciale, numeroase organisme pot să ajungă la adîncimi importante. De exemplu, balenele se pot scufunda la adîncimi de 1000 m (corespunzînd unei presiuni de 100 atm). Totuşi, deşi cele mai multe organisme trăiesc în condiţii relativ constante, există numeroase organisme care suportă condiţii diferite, în diferite perioade ale creşterii lor.

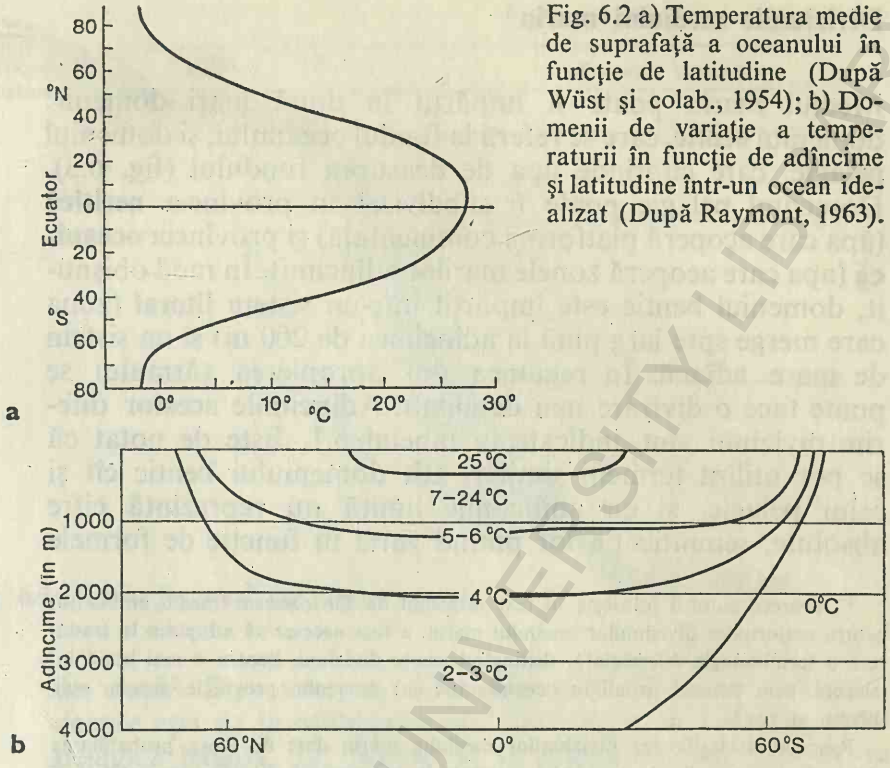


Fig. 6.2 a) Temperatura medie de suprafață a oceanului în funcție de latitudine (După Wüst și colab., 1954); b) Domenii de variație a temperaturii în funcție de adîncime și latitudine într-un ocean idealizat (După Raymont, 1963).

O concepție greșită, susținută în mod obișnuit, este aceea că un pește adus la suprafață de la adîncimi mari moare, „explodează". Aceasta, pentru că s-a observat că unul dintre organele sale cavitare interne i-a ieșit prin gură. De fapt, de cele mai multe ori moartea survine datorită schimbărilor mari de temperatură suportate de pește în timp ce este adus la suprafață.

Deplasarea apei marine este foarte importantă din punct de vedere biologic, ea determinînd circulația substanțelor minerale necesare creșterii plantelor, din ape mai adînci în ape de suprafață, unde pot fi utilizate de către acestea. Deplasarea apei reprezintă, de asemenea, un mod de dispersare a resturilor organice, dejecțiilor, ouălor și larvelor sau formelor de viață adulte. Deplasarea maselor de apă poate avea și unele urmări nedorite, transportînd, de exemplu, animalele din mediul lor natural într-un mediu nefavorabil, cum se poate întîmpla, de pildă, cînd apa caldă este adusă în contact cu apa rece, sau invers.

Diviziunile mediului marin[1]

Mediul marin poate fi împărțit în două mari domenii: domeniul **bentic,** care se referă la fundul oceanului, și domeniul **pelagic,** care cuprinde apa de deasupra fundului (fig. 6.3). Domeniul pelagic poate fi subdivizat în provincia **neritică** (apa care acoperă platforma continentală) și provincia **oceanică** (apa care acoperă zonele marilor adîncimi). În mod obișnuit, domeniul bentic este împărțit într-un sistem **litoral** (zona care merge spre larg pînă la adîncimea de 200 m) și un sistem de mare adîncă. În regiunea din apropierea țărmului se poate face o divizare mai detaliată. Adîncimile acestor diferite diviziuni sînt indicate în tabelul 6.1. Este de notat că se pot utiliza termeni similari atît domeniului bentic cît și celui pelagic, și că adîncimile limită nu reprezintă cifre absolute, semnificația lor putînd varia în funcție de formele

[1] Deoarece autorul folosește în text termenul de *Environment* (mediu, ambianță) pentru majoritatea diviziunilor mediului marin, a fost necesar să adoptăm în traducere o terminologie diferențiată, distingînd aceste diviziuni, pentru o mai bună înțelegere, prin termeni uzuali în oceanografie ca: domeniu, provincie, sistem, etaj, subetaj și zonă.

Respectînd clasificarea diviziunilor mediului marin date de Ross, probabil una adoptată dintre zecile de clasificări existente la ora actuală, îi alăturăm acesteia și clasificarea lui J.M. Pérès stabilită la Colocviul de la Geneva (1957), care este mult mai adecvată mărilor europene și în special bazinului mediteranean din care face parte și Marea Neagră. Elementul de bază al distribuției pe verticală a formațiunilor domeniului bentonic este etajul. În clasificarea lui J.M. Pérès, de la linia de coastă pînă la cele mai mari adîncimi sînt șapte etaje:

— etajul supralitoral — cuprinde domeniul de viață al acelor organisme care suportă sau necesită o emersiune continuă; în mările și oceanele cu maree el se întinde între nivelul extrem de umectare și nivelul unei marei înalte normale;

— etajul mediolitoral — este domeniul intermareic (între nivelul cel mai înalt și cel mai scăzut pe care-l atinge mareea);

— etajul infralitoral — este domeniul acelor porțiuni de fund care se încadrează între nivelul superior, permanent inundat și nivelul inferior al limitei de rezistență a Zoosteraceelor și algelor fotofile;

— etajul circalitoral — este delimitat, superior, de adîncimea maximă de pătrundere a fanerogamelor marine și a algelor fotofile și, inferior, de adîncimea maximă pînă la care pătrund algele pluricelulare;

— etajul batial — cuprinde partea inferioară a platformei continentale, taluzul și piciorul taluzului continental, de la 200 — 3000 m;

— etajul abisal — cuprinde cîmpia abisală de la baza taluzului continental pînă la 6000—7000 m;

— etajul hadal — este domeniul rezervat foselor și canioanelor ce depășesc 6000—7000 m adîncime; se mai numește ultraabisal. — *D.M.*

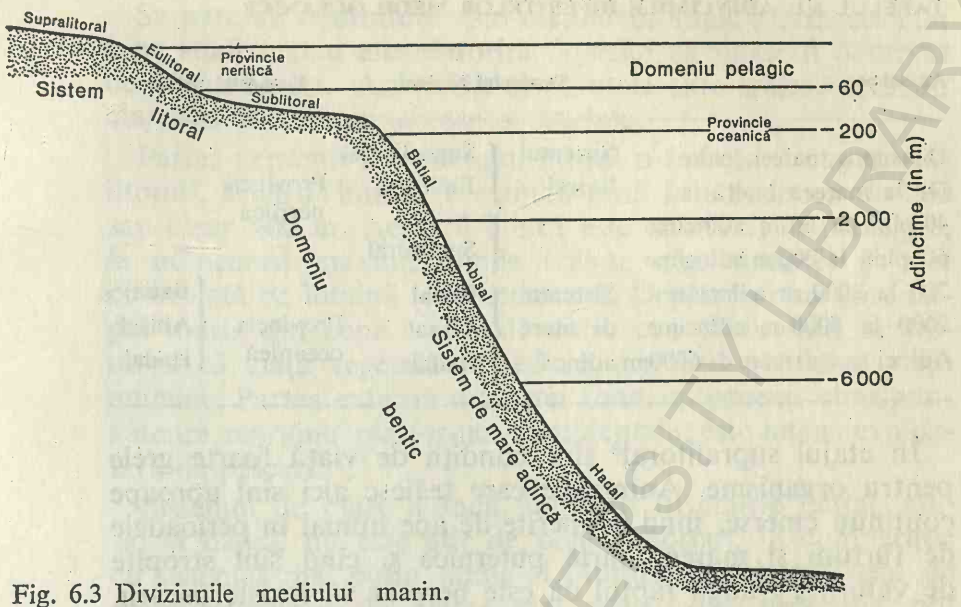


Fig. 6.3 Diviziunile mediului marin.

de viață[2]. Prin urmare, dacă cineva ar dori să vorbească despre apa de la adîncimea de 7000 m, se va referi la zona pelagică **hadală**; iar fundul de la adîncimea de 4000 m va reprezenta etajul bentonic **abisal**. Avînd în vedere că cea mai mare parte a luminii nu pătrunde decît pînă la adîncimea de 200 m, domeniul pelagic poate fi împărțit în două zone mari. Zona superioară, luminată, este denumită zona **eufotică**, reprezentînd zona în cadrul căreia plantele produc fotosinteza. Regiunea mai adîncă și mai întunecată este numită zona **afotică**.

Mediile bentonice. În cadrul mediilor bentonice (tabelul 6.1 și fig. 6.3) există condiții oceanografice foarte variate, de la etajul supralitoral emers pînă la cel hadal. Este evident că organismele bentonice (cele care trăiesc pe fundul oceanului) vor fi variate în diferite medii și nu există un tip comun pentru toate acestea.

[2] Este și motivul pentru care diferă foarte multe clasificări ale mediului marin, mai ales cele alcătuite pentru regiuni care se deosebesc net prin amplitudinea mareelor. Spre exemplu, Mării Negre, cu o maree practic inexistentă, nu i se poate suprapune limita superioară a supralitoralului din Oceanul Atlantic, al cărui nivel extrem de umectare este determinat de distanța la care ajung pe uscat valurile mareei celei mai înalte — *D.M.*

BCU IAȘI

TABELUL 6.1 ADÎNCIMILE DIFERITELOR MEDII OCEANICE

Adîncimea	Domeniul bentonic		Domeniul pelagic	
Deasupra mareei înalte	Sistemul litoral	Supralitoral		
De la mareea înaltă la 40 pînă la 60 m adîncime		Eulitoral	Provincia neritică	
60 pînă la 200 m adîncime		Sublitoral		
200 la 2000 m adîncime	Sistemul de mare adîncă	Batial		Batial
2000 la 6000 m adîncime		Abisal	Provincia oceanică	Abisal
Adîncime mai mare de 6000 m		Hadal		Hadal

În etajul supralitoral[3] sînt condiții de viață foarte grele pentru organisme. Animalele care trăiesc aici sînt aproape continuu emerse, fiind acoperite de ape numai în perioadele de furtuni și maree foarte puternice și cînd sînt stropite de valuri. Pe lîngă faptul că este necesar să reziste uscării, organismele acestui mediu trebuie să fie suficient de robuste pentru a suporta acțiunea valurilor brizante. În general, viețuitoarele care caracterizează acest etaj sînt aceleași pentru toate mările și oceanele globului: mai ales gasteropode mici și licheni, fixați pe roci și crabi, și amfipode, pe plaje.

Etajul eulitoral[4] include regiunea de maree, expusă periodic în timpul mareei joase, și se extinde pînă la adîncimea de 40—60 m. Întinderea regiunii intermareice depinde de înclinarea pantei fundului oceanic. Animalele care trăiesc în această zonă trebuie, de asemenea, să reziste și ele efectului valurilor brizante. Multe dintre ele se apără îngropîndu-se în sedimentele de pe fund, evitînd în acest fel unele efecte dăunătoare ale mareei joase. Limita externă aproximativă a zonei eulitorale este marcată de adîncimea pînă la care pot crește plante fixate pe fund. Acestea nu se pot dezvolta în ape mai adînci din cauza insuficienței luminii. Prin urmare, numai o mică parte a mării este favorabilă pentru creșterea plantelor atașate la substrat, și chiar în cadrul acestei zone plantele nu se pot dezvolta acolo unde fundul este mîlos sau prezintă alte condiții nefavorabile.

[3] Corespunde limitelor între care se încadrează definiția lui Pérès. — *D.M.*

[4] Din punct de vedere al condițiilor de viață corespunde mediolitoralului, însă în privința adîncimii include și infralitoralul mărilor cu maree slabă sau inexistentă. —*D.M.*

Se pare că eulitoralul este mediul biologic marin cel mai bine studiat, mai ales datorită faptului că poate fi observat de scufundători. Animalele și plantele care trăiesc în acest etaj sînt foarte numeroase și variate.

Partea extremă a sistemului litoral o formează etajul sublitoral[5], a cărui limită se extinde pînă la adîncimea de 200 sau chiar 400 m. Această limită este stabilită, în principiu, la adîncimea maximă, unde trăiesc alge (plante) și este controlată de lumină și temperatură. Deplasîndu-ne spre largul mării, din zona eulitorală către cea sublitorală, se observă că viața vegetală se reduce, crescînd ponderea vieții animale. Partea externă a acestei zone, în general corespunzătoare marginii platformei continentale, este intens exploatată de pescari.

Sistemul de mare adîncă, împărțit în etajele batial, abisal și hadal, nu este atît de bine cunoscut, în comparație cu sistemul mai puțin adînc al litoralului. Acest sistem de mare este lipsit de plante mai mari, dar bacteriile pot trăi la aceste adîncimi.

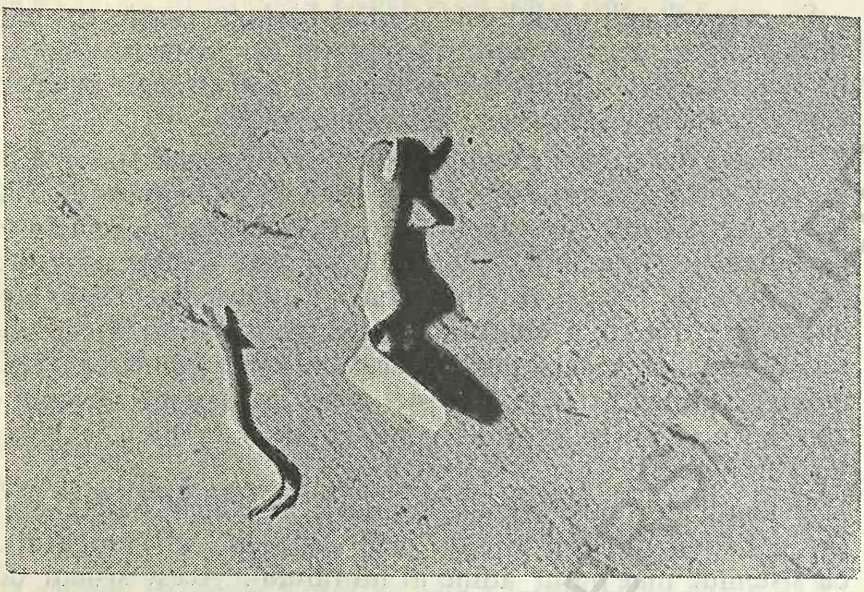
Condițiile oceanografice ale părții mai adînci a oceanului sînt uniforme: temperatura descrește ușor cu adîncimea, salinitatea este relativ constantă, iar presiunea crește cu 1 atm la fiecare 10 m adîncime. Întrucît majoritatea organismelor sînt constituite, în cea mai mare parte, din apă, cu foarte puține sau fără spații de aer, și pentru că apa este practic incompresibilă, în marile adîncimi presiunea nu exclude existența vieții în acest mediu. Totuși presiunea are alte efecte care pot afecta procesele vitale ale animalelor din adîncuri[6].

Condițiile uniforme ale sistemului de mare adîncă ar sugera ideea că importanța biologică a anotimpurilor este redusă în zonele adînci ale oceanului, în comparație cu numeroasele fenomene legate de anotimpuri, de exemplu reprodu-

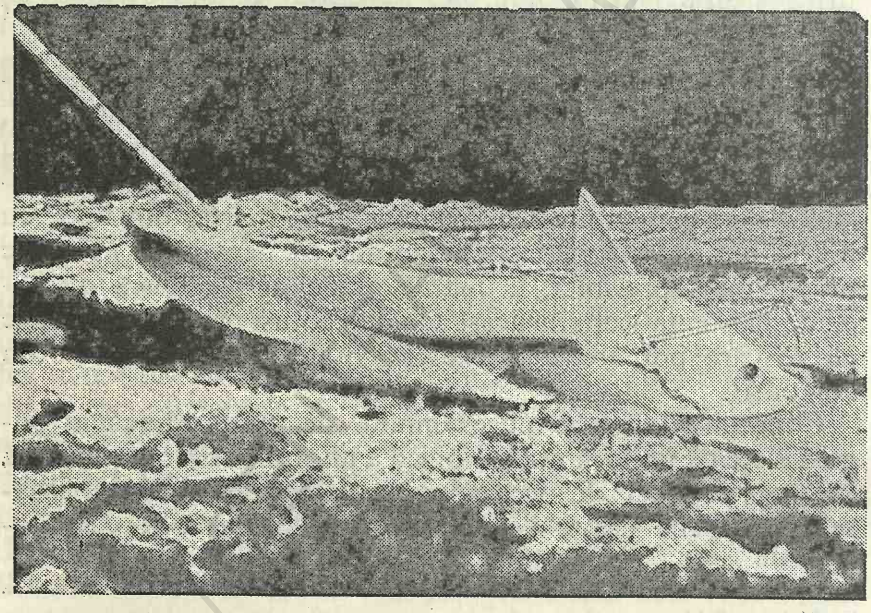
[5] Corespunde circalitoralului și orizontului interior al batialului din clasificarea lui Pérès. — *D.M.*

[6] Presiunea enormă, la care se adaugă o obscuritate totală și o temperatură foarte scăzută, pe un mîl moale, semilichid, puternic radioactiv, sărac în carbonat de calciu, bogat în siliciu, selecționează animalele cu schelet calcaros redus și cu carapace aproape exclusiv chitinoase, animalele cu suprafață mare de sprijin pentru a nu se afunda în mîl.

Obscuritatea duce la atrofia și reducerea ochilor crustaceelor. Reproducerea se face prin ouă mari încărcate de vitelus, care permit o dezvoltare directă, fără larve pelagice, sau prin viviparitate; creșterea este încetinită. — *D.M.*



a



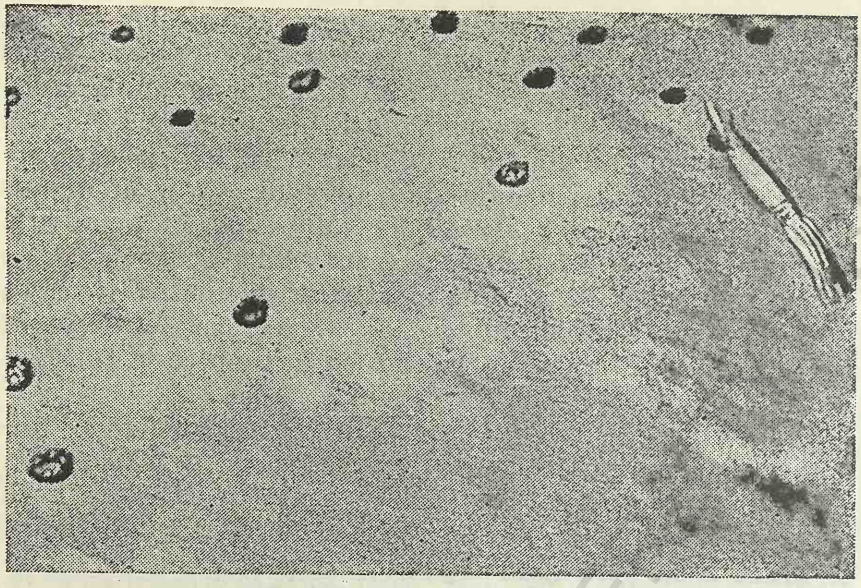
b

Fig. 6.4 Animale din zona adîncă a oceanului: a) Fotografie de la adîncimea de 1600 m, pe panta continentală din largul statului Massachusetts. Animalul din dreapta este un pește macrurid. În stînga este un mic pește apod. De observat numeroasele goluri și depresiuni făcute de animale care se îngroapă pe fund; b) fotografia unui alt macrurid obținută la adîncimea de 4000 m, pe piemontul oceanic de la sud de Nova Scotia. În acest caz, aparatul de fotografiat s-a răsturnat și a făcut fotografia stînd pe o parte (Fotografia 6.4 b publicată datorită amabilității lui C. D. Hollister).

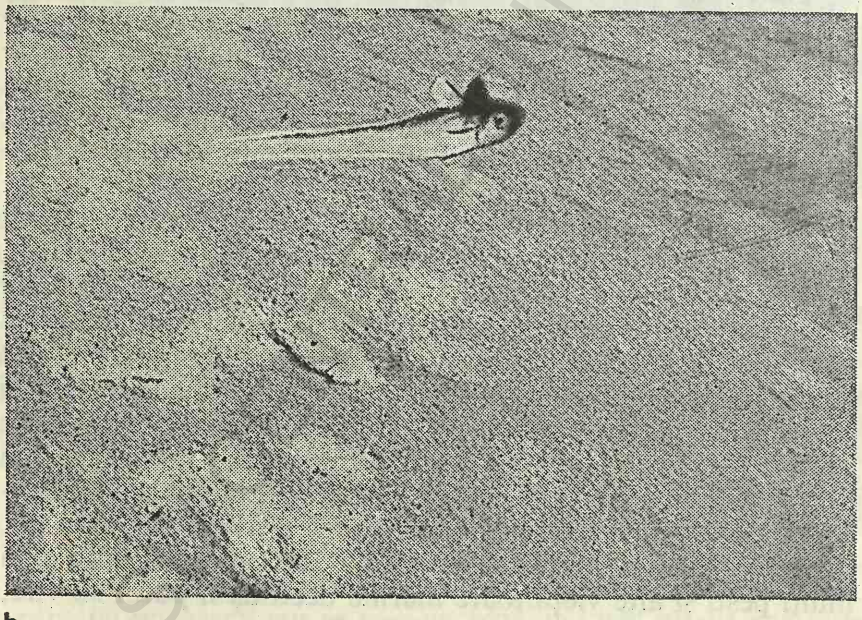
cerea, care afectează apele mai puțin adînci. De curînd, oceanografii de la Universitatea de Stat din Florida au ajuns la concluzia că este probabil ca unele efecte ale anotimpurilor să se extindă și în ape mai adînci. Ei au notat că la unele animale marine de adîncime fenomenul de reproducere are loc, în apele din largul statului Carolina de Nord, din august pînă în noiembrie și numai din iulie pînă în octombrie în apele oceanice antarctice. Aceasta ridică două probleme interesante: cum recunosc animalele anotimpurile și de ce perioadele de reproducere au loc în aceleași perioade, în ambele emisfere (să ne reamintim că în timp ce în emisfera nordică este iarnă, în cea sudică este vară).

Întrucît fundul mărilor adînci este de obicei mîlos, animalele bentonice care supraviețuiesc trebuie să se fi adaptat la această condiție. Aici hrana nu este așa de abundentă ca în sistemul litoral. În general se crede că animalele de adînc se hrănesc cu materialul organic care provine de la suprafața apei și cade pe fundul oceanului. Producerea materiei organice în apele de suprafață este de obicei mai crescută în zonele sistemului litoral și descrește în raport cu depărtarea de la țărm, devenind relativ scăzută în apele de suprafață ale mărilor adînci. Din această cauză, pe fundul oceanului ajunge numai o cantitate mică de hrană, o parte din ea degradîndu-se în timpul coborîrii prin apă. În consecință, animalele din mările adînci vor fi mai curînd mici detritivori decît mari predatori.

Numeroase animale de mare adîncă au aspect ciudat (fig. 6.4), iar dimensiunile lor sînt, în general, mici. De fapt, aprecierile asupra condițiilor de viață din mările adînci ar trebui făcute cu prudență, deoarece concluziile trase nu se bazează pe multe observații. Informațiile noastre sînt obținute din fotografii subacvatice, dragaje de adîncime și din foarte puține observații efectuate asupra fundului cu ajutorul submersibilelor. Acestea din urmă se referă mai ales la adîncimi ce nu depășesc 2000 m. În timpul scufundărilor pe care le-am făcut cu submersibilul „Alvin" am observat, în general, că la adîncimi de 1500—1600 m apar mult mai mulți pești și alte viețuitoare marine decît aș fi putut să văd, în mod obișnuit, în scufundările făcute cu scafandrul în apele mai puțin adînci (fig. 6.5). Chiar și această observație trebuie privită cu rezervă, pentru că nu avem încă suficiente cunoștințe asupra mediului biologic al marilor adîncimi.



a



b

Fig. 6.5 Fotografii ale fundului realizate din submersibilul „Alvin"; a) arici de mare şi un calmar; b) peşte de dimensiuni mici (un macrurid). În centrul fotografiei se vede urma de tîrîre a unui animal.

TABELUL 6.2 BIOMASA MEDIE ÎN DIFERITE PĂRȚI ALE OCEANULUI
(Date din nord-vestul Pacificului, după BIRSTEIN, 1959, publicate în MADSEN, 1966)

Regiunea	Biomasa (în g/m²)
Zona costieră	100—5000
50—200 m adîncime	200
aproximativ 4000 m adîncime	aproximativ 5
Partea centrală a fundului oceanic	0,01
Fosa Kurile-Kamceatka	
aproximativ 6000 m adîncime	1,2
aproximativ 8500 m adîncime	0,3
Fosa Tonga	0,001

Densitatea vieții în diferitele zone ale oceanului poate fi exprimată prin **biomasă** (cantitatea de substanță a organismelor vii, în grame, pe metrul pătrat de fund oceanic)[7]. Biomasa descrește, în mod evident, dinspre regiunea litorală spre etajele abisale și hadale.

Domeniul pelagic. Din domeniul pelagic fac parte provincia neritică din apropierea țărmului și provincia oceanică din largul mării. Limita dintre aceste două provincii nu este bine definită, în general fiind stabilită la marginea platformei continentale.

În provincia pelagială neritică există o mare diversitate de condiții de viață datorită pătrunderii apei dulci din rîuri.

[7] Definiția biomasei este datorată lui Zenkevici care, împreună cu Brotskaia (1939), a stabilit că acest termen poate reprezenta cantitatea de substanță vie pe unitatea de suprafață sau volum, exprimată în unități de greutate.

Mai tîrziu, biomasa s-a calculat și pentru substanța uscată și pentru numărul de organisme din sediment; un nou termen englezesc, *standing crop* (intraductibil în limba română), aproape sinonim cu termenul de biomasă, vine și el să se adauge eforturilor pentru căutarea exprimărilor cantitative cît mai exacte.

Calculările *standing-crop*-ului sau biomasei dintr-o serie de probe de sediment, privind numărul de specii, de exemplare și greutatea vie sînt însă adesea bazate pe probe procurate într-o zi sau în cîteva ore chiar. Și atunci, o bază mai bună pentru rezultate de acest tip se dobîndește prin determinarea *biomasei medii* dintr-un ciclu întreg de sezoane și în ani succesivi.

În literatura mai nouă mulți utilizează termenul de „biomasă" fără nici o definiție; s-ar putea crede deci că biomasa are vreo legătură cu producția, în realitate ea fiind „numai expresia echilibrului momentan al azotului". Din acest motiv, Gunnar Thorson propune termenul de *standing crop*, cuvîntul *standing* accentuînd faptul că noi ne ocupăm de un fenomen momentan și nu cu ideea de producție, care întotdeauna trebuie să fie asociată cu factorul timp. — *D.M.*

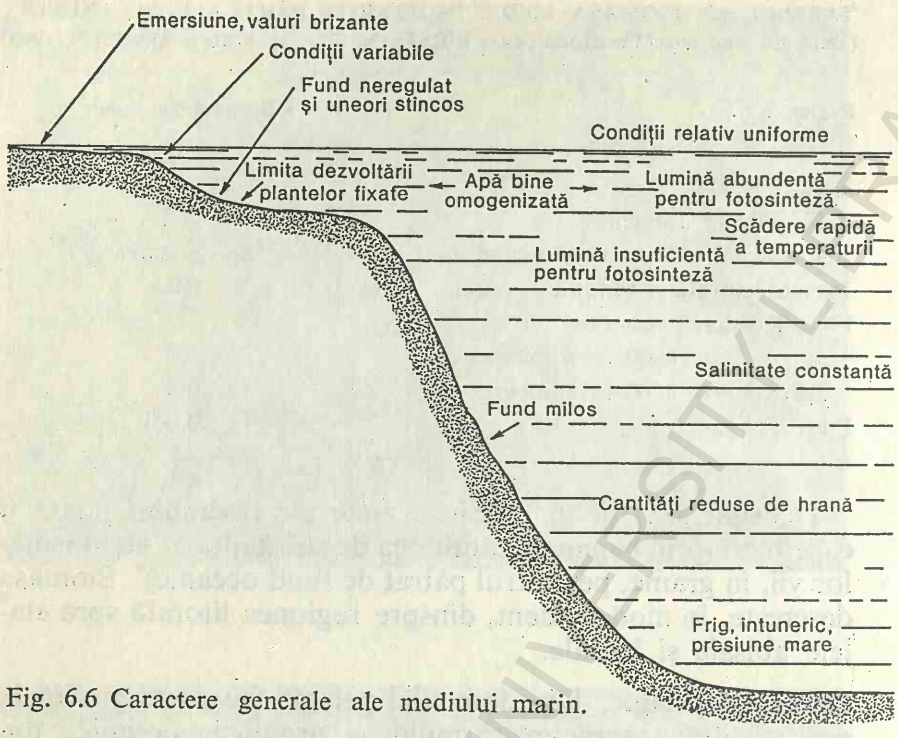


Fig. 6.6 Caractere generale ale mediului marin.

Prin urmare, organismele care trăiesc în acest mediu trebuie să suporte variații mari de salinitate. Substanțele nutritive sînt aduse de mișcarea ascendentă a apelor (*upwelling*) produsă de vînturi costiere (vezi fig. 7.13) și de apele rîurilor. Această aprovizionare cu substanțe minerale nutritive ajută creșterea abundentă a planctonului, hrana de bază a mării. Aportul de hrană atrage și alte forme de viață, ceea ce face ca provincia neritică să fie, în general, regiunea marină cea mai productivă din punct de vedere biologic. De aici provine majoritatea peștelui și a altor organisme marine exploatabile.

Provincia oceanică poate fi divizată, fie așa cum s-a arătat în tabelul 6.1, fie așa cum s-a menționat mai înainte, într-o zonă luminată (eufotică) și o zonă întunecată (afotică), limita dintre ele fiind la adîncimea de aproximativ 200 m. În comparație cu provincia neritică, salinitatea provinciei oceanice este relativ constantă. Temperatura descrește cu adîncimea, variația cea mai mare apărînd la o adîncime de aproximativ 100 m, care reprezintă **termoclina** (vezi fig.

7.3). Variația de temperatură a apelor de suprafață depinde de latitudine (vezi fig. 6.2). De obicei, concentrația substanțelor nutritive este scăzută în apele de suprafață și crește în partea superioară a zonei luminate.

În apele mai adînci curenții sînt lenți sau aproape inexistenți[8]; această zonă este complet întunecată și pare să sufere puține variații sezoniere. Aici, numeroase forme evoluate de animale sînt oarbe. Zona pelagică abisală reprezintă cea mai mare unitate ecologică de pe glob: aproximativ trei sferturi din volumul total al oceanului sînt înglobate în cadrul acestei regiuni.

Există puține cunoștințe despre zona adîncă hadală, iar colectarea de probe de faună din această zonă este încă și mai redusă. Din fauna bentonică s-au luat mult mai intens probe, identificîndu-se astfel peste 350 de specii.

În figura 6.6 este redată o schiță generală a importantelor caractere ale mediului marin.

Comunitatea biologică[9]

Din cele arătate mai înainte a rezultat că mediul biologic marin poate fi împărțit pe baza adîncimii apei, luminii și presiunii. În cadrul acestor diviziuni mari este posibil să predomine tipuri caracteristice de organisme, după cum pot exista și numeroase tipuri diferite de condiții de mediu.

[8] În abisuri, în general, domnește calmul; desigur nu un calm absolut și nu în toate regiunile. De exemplu, Wüst estimează că apa profundă din vecinătatea fundului tulburat al Oceanului Atlantic se scurge de la Nord spre Ecuator cu o viteză de 8 cm/sec, iar Jerlov, în urma observațiilor făcute la bordul navei „Albatros", a constatat frecvent particule în suspensii la 10 m deasupra fundului.

Pe de altă parte Ewing nu ezită să afirme că în anumite zone apa profundă poate stagna mai multe secole în marile adîncimi. Datările prin C^{14} ale apei luate în Atlantic, la nivelul contactului cu fundul, au evidențiat, pentru două eșantioane, o vîrstă de 1700 de ani. În plus, fotografiile subacvatice au arătat că poziția înclinată a unor organisme pedunculate abisale se datorește existenței unor curenți relativ puternici (4—40 cm/sec). — *D.M.*

[9] Termenul de comunitate biologică pentru asociațiile marine a fost utilizat pentru prima oară de Petersen (1910). S-au purtat foarte multe discuții în jurul acestui termen, și mai ales dacă el ar putea fi privit ca o unitate ecologică, adică o biocenoză sau nu este altceva decît o unitate statistică descriptivă.

Comunitățile de animale și plante, în forma descrisă de Petersen, se referă, în scopuri cantitative, la asociațiile de viețuitoare bentonice, dar numai la formele comune, neglijînd formele mici, pe cele rare și cele vagile; pentru studii ecologice însă, de biocenologie, analiza cantitativă trebuie să includă absolut toate speciile din

Diversitatea acestor condiții de mediu poate fi determinată de numeroși factori, ca de pildă caracterul fundului oceanic sau unele proprietăți fizico-chimice ale apei. Ecologii (biologi care studiază relațiile organismelor cu mediul lor de viață) clasifică mediul în **biotopuri** sau „nișe ecologice"[10]. Biotopul reprezintă o zonă în care condițiile principale de habitat și formele de viață adaptate lor sînt uniforme. Într-un biotop viața nu este statică; unele animale se pot deplasa liber de la un loc la altul. Din definiția biotopului rezultă că specializarea populațiilor este cu atît mai puternică cu cît condițiile mediului înconjurător devin mai stabile. În general, se crede că cu cît sînt mai riguroase condițiile, cu atît este mai mic numărul de specii și mai mare numărul de indivizi al acestor specii. De exemplu, această situație este tipică mediului de mlaștină. S-a crezut că situația este similară și în marile adîncimi, dar studiile lui R. R. Hessler și H. L. Sanders (1966) sugerează că condițiile de viață ar fi diferite, partea adîncă a oceanului fiind populată de numeroase specii. Dintr-o probă colectată de la adîncimea de 4700 m, Hessler și Sanders au pus în evidență 196 de specii diferite, o compoziție similară cu cea a biotopurilor din apele litorale și cu condiții de viață mai ușoare. Trebuie să ne reamintim că biotopurile variază mai rapid în ape puțin adînci (întrucît se modifică mai des condițiile). Exemplul de mai sus se referă la comparația dintre două biotopuri specifice. Este clar că în zona apelor superficiale există o mai mare varietate de specii pe unitatea de suprafață, în comparație cu părțile mai adînci ale oceanului. În general, biotopurile din această zonă acoperă o suprafață mai mare decît biotopurile din apele litorale.

toate grupele care trăiesc în probele procurate. De aceea, termenul de *biocenoză* este cel mai adecvat și el trebuie definit ca: acele asociații majore de organisme bentale care corespund unor condiții de substrat, ale căror limite de variație nu influențează în mod evident posibilitatea de instalare și perpetuare a speciilor conducătoare corespunzătoare.

Subliniind unitatea dialectică existentă între biotop și biocenoză, adică între substrat și populația bentală corespunzătoare categoriei respective de substrat, este necesar să se facă o distincție între speciile caracteristice ale biocenozei, speciile însoțitoare și speciile accidentale, ceea ce, comunitatea, în sensul ei restrîns, nu o subînțelege. — *D.M.*

[10] „Nișa ecologică" este corespondentul biotopului pe plan energetic în ecosistem; reprezintă o treaptă de transfer a energiei în sistemul trofic. — *D.M.*

Cînd se discută despre populația unui biotop, ar trebui aplicat conceptul de comunitate biologică[11]. O comunitate constă din organisme care apar împreună și depind unele de altele sau, eventual, de mediul comun în care trăiesc. Comunitatea poate reprezenta numai animalele care trăiesc pe frunza unei anumite plante, sau poate include relații mai extinse, ca de pildă aceea dintre plancton și animalele care îl consumă, o dependență bazată în primul rînd pe necesitatea de hrană[12]. Lanțul trofic existent în cadrul oceanului reprezintă un complex care include mai multe nivele, începînd cu fitoplanctonul (producătorii), urmează apoi diferite feluri de erbivore (care se hrănesc cu plante), carnivore și, în final, detritivore și mîncătoare de sediment[13]. Aceste relații sînt abordate în alt subcapitol. În continuare ne vom ocupa de populația oceanului.

POPULAȚIA OCEANULUI

După cum vă puteți imagina, într-un capitol sau chiar într-o carte nu se poate face decît o descriere sumară a vieții animale și vegetale din mediul marin. De obicei se folosesc două metode de descriere: prima constituie o prezentare a organismelor pe baza mijloacelor de locomoție și a tipului de habitat, iar a doua metodă reprezintă o expunere bazată pe clasificarea taxonomică.

Folosind prima metodă de descriere, organismele marine pot fi divizate în trei grupuri mari: bentosul, nectonul și planctonul.

Bentosul

Cuvîntul **bentos** provine din limba greacă și înseamnă adîncime. Bentosul (fig. 6.7) reprezintă acele organisme care trăiesc pe sau în sedimentele oceanului. Unele dintre aceste organisme, cum sînt balanușii și stridiile, au forme larvare

[11] Vezi nota 9 de la pag. 171. — *D.M.*

[12] Toate variațiile locale reflectate prin variația compoziției calitative și cantitative a speciilor asociate le vom considera drept subunități ale biocenozei: subcenoză, comunitate, centură, enclavă și strat. — *D.M.*

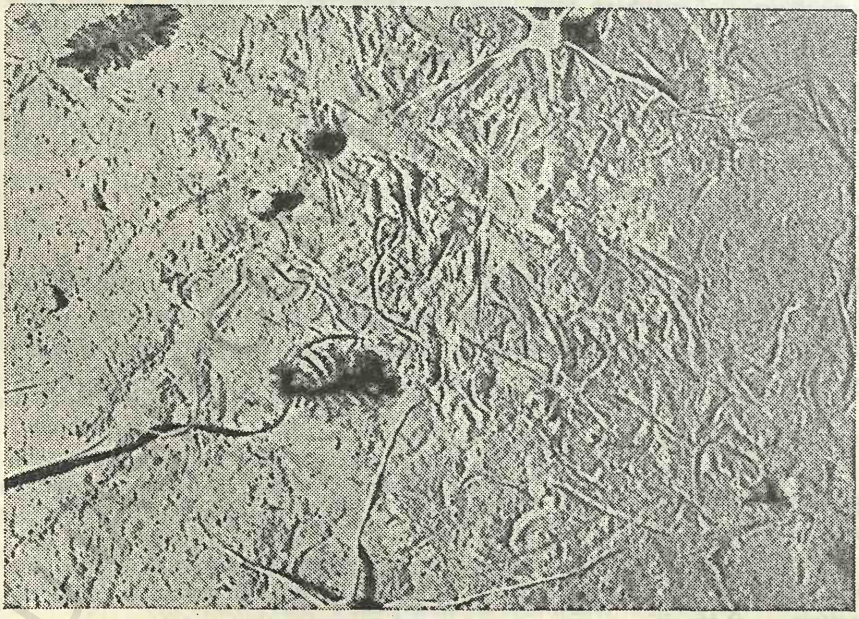
[13] Se mai numesc limicole, arenicole, iliofile, iar hrana lor constă, de fapt, din bacteriile și substanțele organice legate de materialul fin, sedimentar, de granulele acestuia. — *D.M.*

planctonice care se fixează pe fund mai tîrziu, în timpul vieţii adulte. Alte tipuri de viaţă bentonică (termenul bentonic se referă la acele organisme care trăiesc pe fund, fiind în esenţă echivalent cu termenul bentos), de exemplu viermii şi unele scoici, se pot îngropa în sedimentul de fund, pe cînd alte animale, ca stelele de mare şi aricii de mare, se tîrăsc pe fund. În apele puţin adînci plantele reprezintă un component al bentosului.

Bentosul este important din punct de vedere geologic căci, trăind pe fundul mării, modifică unele proprietăţi fizice şi chimice ale sedimentelor. De asemenea, numeroase fosile din sedimente sînt resturi de organisme bentonice. Bacteriile, care constituie o mică parte a bentosului, sînt şi ele foarte importante în lanţul trofic al mării.

De obicei, numărul indivizilor bentonici descreşte cu adîncimea. Numeroase studii care au avut ca obiectiv organismele bentonice au recunoscut cîteva tipuri diferite de comunităţi. O comunitate deosebită şi interesantă o reprezintă recifii coralieri şi ea va fi prezentată mai departe în detaliu.

Fig. 6.7 Fotografie de fund ilustrînd unele forme de viaţă bentonică, la adîncimea de aproximativ 1300 m. De notat existenţa numeroaselor urme de deplasare pe fund (Fotografie pusă la dispoziţie de Institutul Oceanografic din Woods Hole).



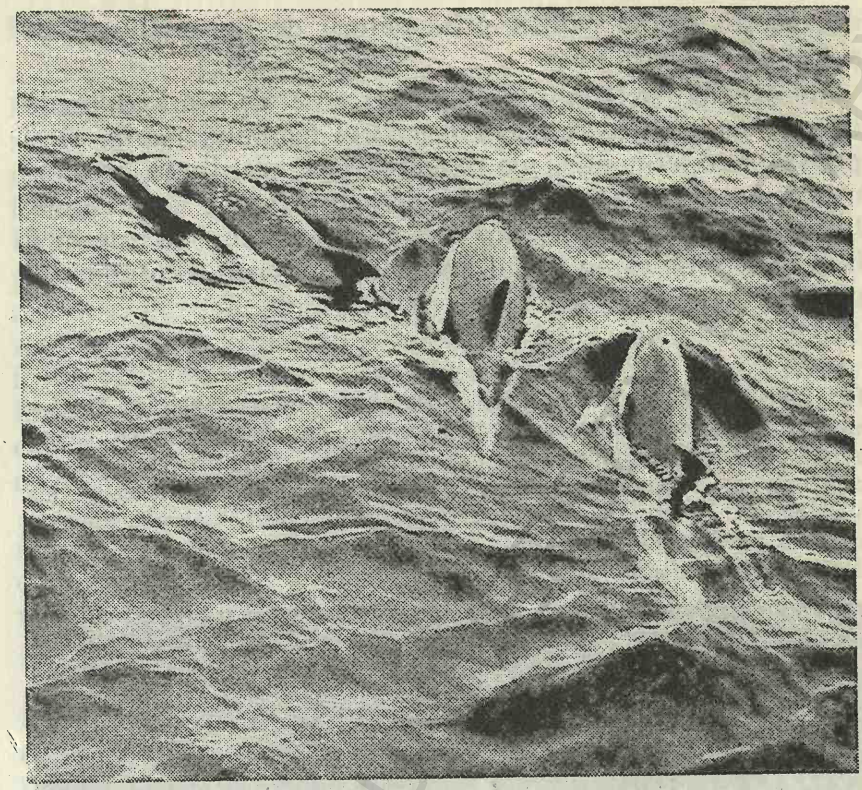


Fig. 6.8 Delfini jucîndu-se la suprafața oceanului. Se pot observa orificiile pentru respirație (Fotografie pusă la dispoziție de R. K. Brigham).

Nectonul

Nectonul (termenul derivă din grecescul a înota) reprezintă acele animale care pot să înoate liber, independent de circulația curenților (fig. 6.8). Acest grup (plantele nu sînt incluse) cuprinde numeroase forme mai evoluate de viață animală ca peștii, balenele și alte mamifere.

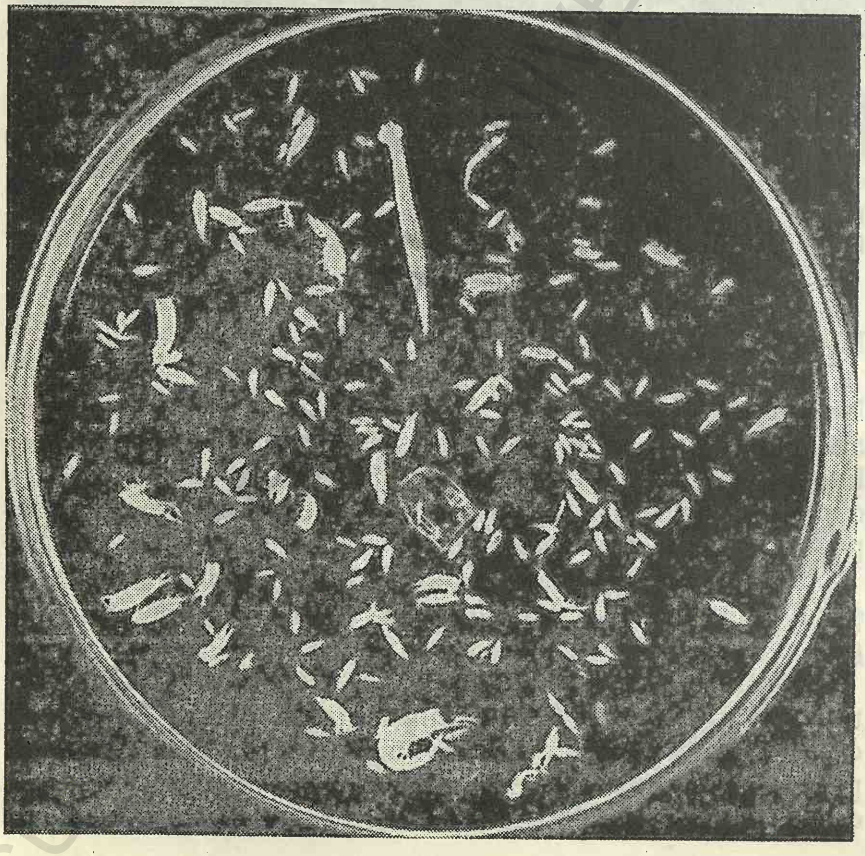
Nectonul este capabil să exercite o căutare activă a hranei și să se ferească de predatori. De asemenea, aceste animale pot să migreze foarte mult în cuprinsul oceanului.

Pentru om nectonul are valoare economică, iar datorită modului său de hrănire este important și pentru alte forme de viață deoarece, hrănindu-se mai ales cu plancton, nectonul poate limita și controla populația fitoplanctonului. Produsele de descompunere ale nectonului reprezintă surse importante

de materii prime pentru producătorii de material organic și pentru bacterii.

În general, nectonul constituie forma de viață animală cu cele mai puține restricții în cadrul mediului marin. Deși pot trăi în diferite părți ale zonei pelagice, distribuția organismelor nectonice este limitată de temperatură și presiune. Influența acestora și a altor factori ai mediului nu este încă bine lămurită ca în cazul formelor de viață bentonică și planctonică.

Fig. 6.9 O probă de zooplancton. Spre centru, un exemplar de *Trachomedusa* transparentă, deasupra căreia apare un *chaetognath* cu formă asemănătoare unui creion. La stînga acestuia din urmă este un amfipod, care se poate recunoaște datorită ochilor negri, sferici. În partea de jos a fotografiei se observă un eufausid parțial încolăcit. Celelalte animale sînt mai ales copepode. Diametrul vasului este de 10 cm (Fotografie oferită de George D. Grice).



Planctonul

Planctonul, derivînd din cuvîntul grecesc „călător", reprezintă al treilea mare grup de organisme marine. Acestea sînt de obicei mici (fig. 6.9), au capacități de locomoție foarte reduse și sînt deplasate mai ales de curenții oceanici. Unele forme au chiar posibilități limitate de deplasare proprie. Planctonul este reprezentat de animale (zooplancton) sau de plante (fitoplancton). În majoritatea cazurilor, acestea sînt organisme microscopice, dar grupul include și unele forme plutitoare mari, ca meduzele sau alga *Sargassum*. Planctonul cuprinde cel mai mare grup de organisme din ocean. Numeroase forme animale au un stadiu planctonic, de obicei după naștere, cînd plutesc liber în apa mării[14].

Fitoplanctonul este, probabil, cea mai importantă formă individuală de viață din mediul marin. Aceste organisme, care prin fotosinteză transformă apa și bioxidul de carbon în material organic, reprezintă baza lanțului trofic (de hrănire) al oceanului.

Distribuția și creșterea fitoplanctonului (ca plante, ar trebui să trăiască în zona eufotică) suferă importante variații pe verticală și sînt dependente de anotimpuri. Distribuția pe verticală este impusă de adîncimea pînă la care se propagă lumina, valoarea acestei adîncimi variind între 1 m în apele din apropierea coastei și 200 m în largul mării (fig. 6.10). Variațiile sezoniere sînt datorate relațiilor complexe dintre lumină, aportul de substanțe nutritive, temperatură, erbivore și alți factori. Ritmul de creștere a fitoplanctonului poate fi foarte ridicat, ajungînd uneori pînă la șase diviziuni celulare pe zi (fiecare celulă produce un organism nou).

Zooplanctonul are reprezentanți din aproape fiecare grup de organisme marine și poate fi de două tipuri: holoplancton (plancton permanent), care se comportă ca plancton în cursul întregii vieți, și meroplancton (plancton temporar), care își petrece numai o anumită parte a vieții (de obicei stadiile larvare) ca plancton. În alte perioade ale vieții meroplanctonul este reprezentat de forme nectonice sau bentonice. Zooplanctonul este foarte important în economia

[14] Totalitatea larvelor planctonice ale organismelor, care, ca adulți, își petrec viața pe fundul mării, alcătuiește așa-numitul meroplancton. — *D.M.*

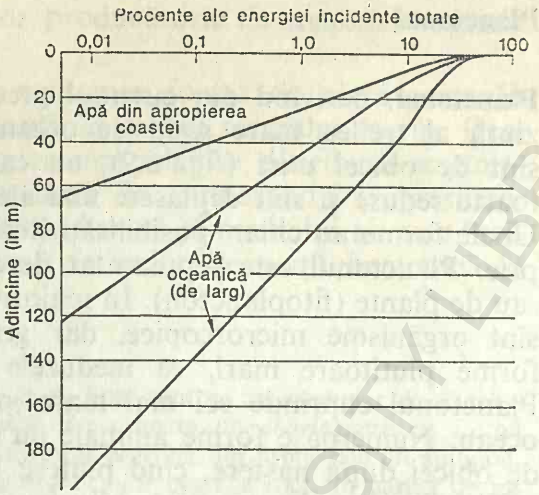


Fig. 6.10 Procentajul energiei incidente totale care atinge diferite adîncimi oceanice în funcție de tipul de apă. Se poate observa că gradul de penetrație a luminii variază cu tipul de apă; pentru anumite tipuri de apă numai 5% din lumină pătrunde pînă la adîncimea de 20 m (După Jerlov, 1951).

mării, căci mănîncă și, prin urmare, concentrează fitoplancton, ceea ce face ca energia ce derivă din fitoplancton să fie mai ușor disponibilă pentru forme de viață mai evoluate (cînd acestea, la rîndul lor, se hrănesc cu zooplancton).

Anumite forme planctonice sînt deosebit de valoroase pentru oceanografi, căci unele specii sînt caracteristice anumitor mase de apă. Aceste specii, denumite specii indicatoare, pot fi utilizate pentru a scoate în evidență originea și deplasarea maselor de apă. Numeroase zone ale fundului mării sînt acoperite cu cochilii sau teste [15] de organisme planctonice. Din punct de vedere geologic, probabil că foraminiferele sînt cele mai importante dintre aceste organisme, ale căror schelete externe furnizează informații importante cu privire la istoria și climatul oceanului din timpul cînd trăiau aceste organisme.

Organismele din mediul oceanic aparțin unuia dintre cele două mari regnuri. Acest sistem simplu, care consideră numai regnurile animal și vegetal, a fost contestat de unii biologi care argumentează, foarte probabil în mod corect, că relațiile evolutive dintre organisme ar fi mai bine prezentate de o clasificare nouă și mai complexă. Totuși, în acest text este utilizată prima clasificare, datorită simplității sale și faptului că actualmente este mai larg acceptată de oamenii de știință.

[15] Pentru termenul de „test" există o serie de alte sinonime des întîlnite în lucrările de specialitate: suport scheletic, crustă, cochilie, schelet extern, înveliș crustos etc. — *D.M.*

În paginile care urmează voi menționa, pe scurt, unele dintre cele mai comune forme de viață prezente în mediul marin.

Plantele marine

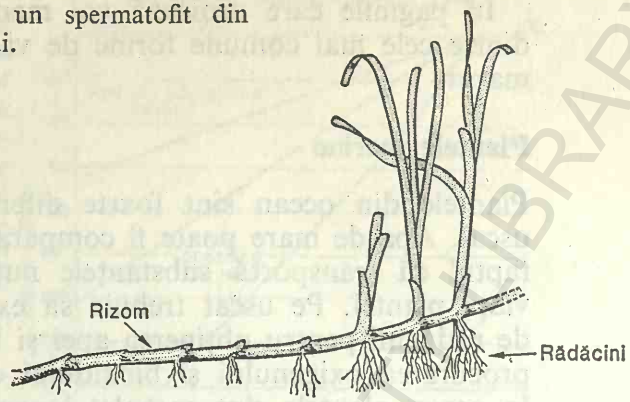
Plantele din ocean sînt foarte diferite de plantele de pe uscat. Apa de mare poate fi comparată cu apa din sol prin faptul că transportă substanțele nutritive necesare pentru viața plantei. Pe uscat trebuie să existe sisteme ramificate de rădăcini pentru obținerea apei și hranei și frunze pentru procurarea oxigenului și bioxidului de carbon. În schimb, în ocean plantele sînt complet înconjurate de apă cu substanțe nutritive. Plantele din ocean întîmpină dificultăți în ceea ce privește cantitatea de lumină necesară pentru efectuarea fotosintezei. Unele plante care trăiesc în zona litorală se pot atașa de fund, primind lumină suficientă; dar numai o mică parte a fundului mării, probabil mai puțin de 2%, se află la adîncime mică și este destul de solidă pentru a permite fixarea plantelor. Datorită acestui fapt, cele mai multe plante sînt planctonice. Ele reprezintă organisme mici, monocelulare, uneori foarte asemănătoare animalelor. Aceste vegetale microscopice, care produc majoritatea materialului organic din ocean, apar în cantități aproape incredibil de mari. Direct sau indirect (hrănindu-se cu animale care consumă plante), toate viețuitoarele oceanului se hrănesc cu aceste plante; dar să ne reamintim că fitoplanctonul este limitat la stratul superficial al oceanului (căci depinde de prezența luminii), pe cînd consumatorii de materie organică produsă de plante se găsesc în tot oceanul.

Regnul vegetal poate fi împărțit în patru diviziuni principale:

1) Spermatophyta — plante cu semințe și flori;
2) Pteridophyta — ferigi;
3) Bryophyta — mușchi;
4) Thallophyta — alge și ciuperci.

În ocean există numai spermatofite și talofite. Spermatofitele sînt considerate tipurile de plante cele mai evoluate.

Fig. 6.11 *Zostera*, un spermatofit din apropierea țărmului.



Se pare că aceste plante au ajuns în mediul marin de pe uscat sau din apele dulci. Au fost găsite numai cîteva specii marine. Probabil că *Zostera*, sau iarba de mare, cum este numită în mod obișnuit, reprezintă forma cea mai comună. Această plantă (fig. 6.11) posedă rădăcini adevărate atașate unei tulpini sau unui rizom. Se poate înmulți prin semințe sau dezvoltînd frunze noi din rizom.

Iarba de mare crește de obicei în ape cu adîncime mai mică de 4 sau 5 m, unde acțiunea valurilor nu este foarte puternică. Cînd planta moare, este ruptă în bucăți ce sînt transportate în largul mării, devenind o importantă sursă de hrană în unele regiuni. Acolo unde formează o pătură groasă, *Zostera* protejează numeroase forme de viață animală. O întreagă comunitate biologică, de la mici diatomee la animalele din apropierea țărmului, depinde de biocenoza cu *Zostera*. Pe la începutul deceniului trei al secolului nostru, o boală a produs moartea unei mari cantități de iarbă de mare de pe țărmul Atlanticului. Aceasta a produs o pagubă considerabilă populației de pecteni [16], care depindea de existența ierbii de mare, unde se refugia. Din fericire pentru pescuitul pectenilor, iarba de mare a regenerat, repopulînd cea mai mare parte a habitatului său originar.

Talofitele cele mai obișnuite nu au rădăcini, tulpini sau frunze adevărate. Cele mai importante dintre ele sînt algele,

[16] Un grup de scoici cu coaste proeminente longitudinale și cu aripioare la vîrful cochiliei; se deplasează pe fund prin reculul provocat de închiderea bruscă a valvelor. — *D.M.*

împărțite de H. U. Sverdrup și alții (1942) în cinci grupe, mai ales după culoare:

1) alge albastre-verzi (Myxophyceae);
2) alge verzi (Chlorophyceae);
3) alge brune (Phaeophyceae);
4) alge roșii (Rhodophyceae);
5) alge galben-verzi.

De obicei, primele patru grupe sînt bentonice, algele galben-verzi fiind mai ales planctonice.

Algele albastre-verzi. Sînt mai frecvente în rîuri și lacuri și mai puțin comune în ocean, cu excepția unor regiuni tropicale sau din apropierea estuarelor. În general, aceste organisme sînt foarte mici și slab dezvoltate, unele fiind forme plutitoare. Deși sînt numite alge albastre-verzi, unele pot avea alte culori datorită pigmenților accesorii din plantă. Un exemplu deosebit este reprezentat de forma plutitoare *Trichodesmium*, care are culoarea roșie. Datorită acestei plante, Marea Roșie are adesea culoarea care i-a determinat numele.

Din cauza distribuției lor limitate, algele albastre-verzi au o importanță redusă în cadrul general al oceanului.

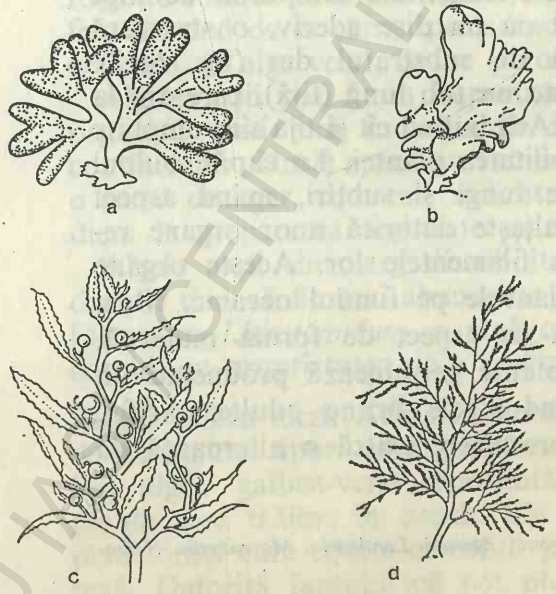


Fig. 6.12 Unele forme comune de alge marine: a) *Fucus*, o algă brună; b) *Ulva*, o algă verde; c) *Sargassum*, o algă brună; d) *Polysiphonia*, o algă roșie (H. U. Sverdrup, Martin W. Johnson și Richard H. Fleming, *The Oceans: Their Physics, Chemistry and General Biology*, © 1942. Retipărit cu permisiunea editurii Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.).

Algele verzi. Apar mai ales în ape dulci, în zonele de amestec dintre apele dulci și sărate și în zonele puțin adînci ale sistemului litoral. Apărînd rareori sub adîncimea de 10 m, ele sînt restrînse în părțile bine luminate ale oceanului. O formă comună este alga *Ulva* sau salata de mare.

Uneori algele verzi comunică apei o culoare verde distinctă. Unele lacuri sînt așternute cu un „covor" verde format prin creșterea acestor alge. Cîteodată ele formează un strat algal pe bărci și pe alte obiecte submerse.

Alga verde *Halimeda* poate fi încrustată cu carbonat de calciu, după moarte formînd, pe fundul mării, un depozit carbonatat. *Halimeda* este frecventă în lagunele unor zone de atoli.

Algele brune. Apar în special în mediul oceanic. Acestea, dintre care menționăm marile alge brune și *Sargassum*, sînt cele mai mari alge marine; *Nereocystis*, una dintre ele, poate atinge pînă la 80 m lungime. Ele formează covoare brune [17] care se dezvoltă în apropierea anumitor țărmuri. Uneori sînt recoltate din bărci, prin tăierea stratului lor superior, recolta fiind importantă atît ca aliment, ca sursă de iod și potasiu, cît și pentru fabricarea unor medicamente bazate pe iod.

Se consideră că algele brune sînt cele mai evoluate dintre talofite. Formele mari, care constituie cîmpurile de alge brune, sînt fixate de fund cu un disc adeziv, o structură ramificată care se atașază de substratul dur (fig. 6.13). De la discul adeziv pornește un tub lung (tijă), care are la capăt un bulb mare, sferic. Atît bulbul cît și tija sînt umplute cu gaz, care asigură flotabilitatea plantei. La capăt, bulbul este prevăzut cu filamente lungi și subțiri, avînd aspect de frunze. Planta se înmulțește datorită unor organe reproducătoare care ies din filamentele lor. Aceste organe se depun, formînd mici plantule pe fundul oceanic. Mica plantă este foarte diferită ca aspect de forma maternă, alga mare brună. Micile plante germinează producînd un ou care se dezvoltă formînd algele brune adulte. Astfel, în cazul acestui tip de reproducere există o alternanță de generații.

[17] Sînt alcătuite din marile alge brune: *Agarum, Laminaria, Macrocystis, Nereocystis* etc. — *D.M.*

Există și alte forme de alge brune. Unele sînt plante mici, delicate și ramificate, altele sînt mari și late ca *Fucus* (vezi fig. 6.12a). Alga brună *Sargassum* poate fi întîlnită departe de uscat, în largul oceanului. De fapt, algele *Sargassum* cresc în zone tropicale, dar cînd sînt desprinse de valuri plutesc și sînt antrenate de curenți. Creșterea și înmulțirea continuă și în timpul plutirii. Curenții au acumulat mari cantități de alge de acest fel într-o zonă din Atlanticul de nord, care este numită Marea Sargasselor. Pînă cînd moare și se scufundă, această plantă formează un mediu de viață unic, în care își găsesc adăpost numeroase animale.

Cu unele excepții, de exemplu *Sargassum*, algele brune au tendința de a se dezvolta cel mai mult în părțile mai reci ale oceanului, mai ales în zonele apropiate de țărm, cu substrat dur.

Algele roșii. Sînt considerate printre cele mai frumoase organisme marine. Ele sînt roșii, deși unele au culoarea purpurie, brună sau verde datorită abundenței acestor pigmenți. Ca și alte plante, algele roșii conțin pigmenți verzi de clorofilă, dar culoarea verde este mascată de alți pigmenți. Algele roșii se extind spre largul mării mai mult decît alte forme (cu excepția algei *Sargassum* după ce a fost smulsă din habitatul ei originar). În unele regiuni, algele roșii au fost observate la adîncimi mai mari de 100 m. Astfel, mergînd de la țărm spre adînc, s-ar putea observa succesiunea de alge verzi, brune și roșii, cu unele suprapuneri.

Algele roșii pot fi un important producător de materie organică, mai ales în regiunile inferioare ale platformei continentale. Unele specii au valoare economică, constituind o sursă de agar, care este utilizat, printre altele, ca ingredient la prepararea înghețatei și a altor produse.

Algele roșii sînt larg distribuite în tot spațiul oceanic, dar ele tind să fie mai abundente în ape mai calde. Unele forme, ca *Lithotamnium*, o algă care trăiește împreună cu coralii, au proprietatea de a precipita carbonatul de calciu.

Algele galben-verzi. Această denumire se referă la un grup de mai multe tipuri de organisme. Indiferent de clasificarea lor, algele galben-verzi reprezintă un important grup de plante care trăiesc în ocean. Ele sînt mai ales organisme planctonice care conțin clorofilă și sînt capabile de fotosinteză. Datorită faptului că pot pluti, aceste alge sînt întîl-

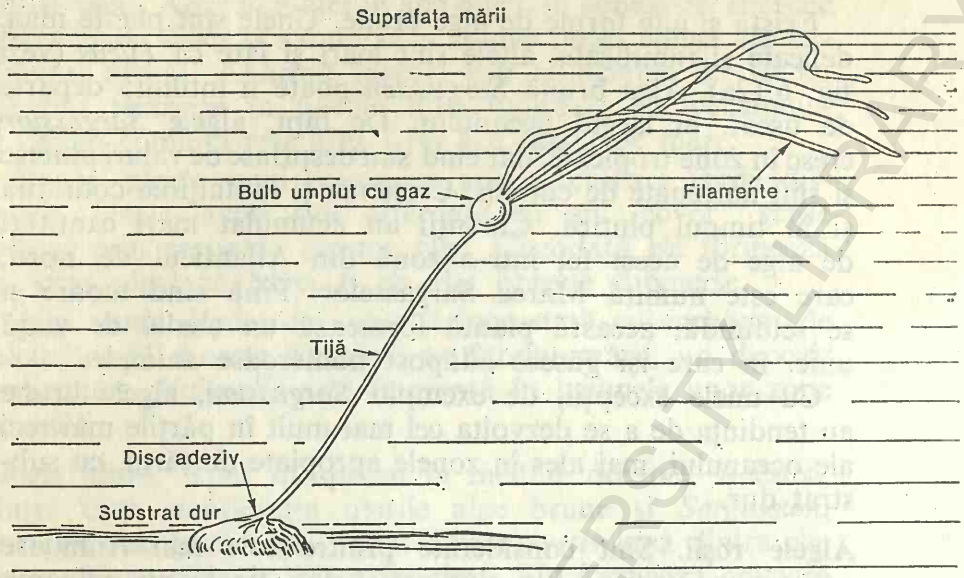


Fig. 6.13 Structura generală a unei mari alge brune. Lungimea acestor plante poate depăși 40 m.

nite în apele de suprafață ale tuturor oceanelor, fără a fi limitate la zonele din apropierea țărmului, ca alte specii de alge.

Diatomeele, organisme microscopice de apă dulce și de apă sărată, sînt probabil cele mai importante din acest grup. Ele sînt organisme monocelulare, care formează lanțuri lungi sau grupări coloniale prin combinația mai multor indivizi (fig. 6.14).

În unele regiuni ale oceanului, producția și dezvoltarea diatomeelor este deosebit de mare. Diatomeele se pot înmulți în progresie geometrică (adică 2 devine 4, 4 devine 8 și așa mai departe), numărul lor putînd crește foarte mult într-o perioadă scurtă de timp (zile). Diatomeele au cochilii silicioase și dacă după moarte se acumulează suficient de multe pe fundul oceanic, ele pot forma un depozit numit mîl cu diatomee. Mari zone ale fundului oceanic (fig. 8.24) sînt acoperite cu acest tip de depozit.

Cînd condițiile de mediu devin defavorabile, diatomeele au capacitatea de a forma spori de rezistență. Sub această formă ele pot rezista perioade mari de timp, reproducerea reîncepînd cînd condițiile se îmbunătățesc.

Dinoflagelatele (fig. 6.14) constituie un alt reprezentant important al grupului de alge galben-verzi. Unele dintre aceste organisme sînt asemănătoare cu animalele (existența lor fiind determinată mai ales de hrana pe care o consumă, decît de fotosinteză), iar altele au caractere clare de plante. Dinoflagelatele au flageli, sau „cozi", folosiți pentru locomoție și pentru căutarea de substanțe nutritive ori de medii de viață mai bune. Multe dintre aceste organisme sînt luminescente, iar cînd sînt excitate, conferă apei o culoare strălucitoare [18].

Dinoflagelatele tind să fie mai abundente în ape mai calde, iar diatomeele în ape mai reci. O dezvoltare mare și bruscă sau o înflorire a dinoflagelatelor va schimba culoarea apei, formînd o „maree roșie". Oamenii se pot otrăvi dacă consumă midii sau alte scoici care s-au hrănit cu anumite specii de dinoflagelate și diatomee în timpul unei perioade de maree roșie.

Testele sau scheletele de dinoflagelate sînt distruse ușor după moarte. În consecință, aceste organisme nu formează depozite importante pe fundul mării.

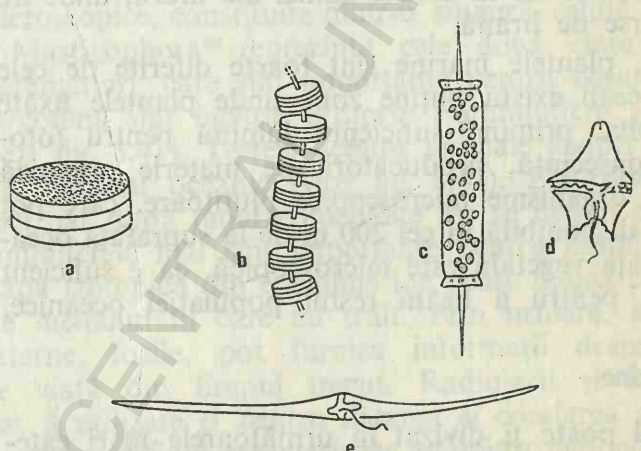


Fig. 6.14 Unele diatomee (a, b, c) și dinoflagelate (d, e) comune (H. U. Sverdrup, Martin W. Johnson și Richard H. Fleming, *The Oceans: Their Physics, Chemistry and General Biology*, © 1942. Retipărit cu permisiunea editurii Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J.).

[18] *Noctiluca*, un flagelat rotund și cu dimensiuni de aproape 500 μ, vizibil chiar și cu ochiul liber, este unul dintre aceste organisme; trăiește și în Marea Neagră constituind delectarea înotătorilor în nopțile de vară, cînd mîinile trasează dîre de foc și de scîntei în apa neagră. — *D.M.*

BCU IAȘI CENTRALĂ UNIVERSITARĂ

Alt grup de alge galben-verzi este constituit de micile *Coccolithophoridae*, organisme cu diametrul de 5 pînă la 10μ (vezi fig. 8.41 b). Aceste organisme au fost remarcate pentru prima dată de geologii marini, care au observat cochiliile lor calcaroase în sedimentele de la mari adîncimi. Ele nu au fost observate în probe obținute cu fileul planctonic, deoarece erau destul de mici pentru a putea trece ușor prin ochiurile plasei. În prezent, contribuția Coccolithophoridelor la economia mării nu este lămurită pe deplin.

Bacteriile, deși insuficient cunoscute, sînt organisme importante pentru producerea materiei organice în mediul oceanic. Există două tipuri de bacterii: **heterotrofe** și **autotrofe**. Heterotrofele utilizează pentru nutriție materia organică pe care o obțin de la alte organisme. Acesta este, probabil, grupul cel mai comun. Bacteriile autotrofe produc materie organică din material anorganic și bioxid de carbon fiind, în această privință, similare cu plantele. Cantitatea de materie organică produsă în acest fel de bacterii este foarte mică în comparație cu cea produsă de plante și totuși ea poate fi importantă în zonele adînci ale mării, unde nu există alte surse de hrană.

În rezumat, plantele marine sînt foarte diferite de cele terestre. În ocean există puține zone unde plantele fixate se pot dezvolta, primind suficientă lumină pentru fotosinteză. În consecință, producătorii de materie organică trebuie să fie organisme microscopice plutitoare, care pot utiliza lumina disponibilă în cei 200 m de la suprafața oceanului. Deși viața vegetală este microscopică, ea e suficient de abundentă pentru a hrăni restul populației oceanice.

Animalele marine

Regnul animal poate fi divizat în următoarele mari categorii sistematice (enumerate în ordinea importanței):

1. Încrengătură
2. Clasă
3. Ordin
4. Familie
5. Gen
6. Specie

În paginile ce urmează voi arăta cîțiva dintre cei mai importanți reprezentanți ai regnului animal care trăiesc în ocean. Numărul încrengăturilor incluse în regnul animal variază după autorul clasificării. Indiferent de numărul lor, un fapt este clar: toate încrengăturile au reprezentanți marini, unele însă neavînd deloc reprezentanți tereștri. Oceanul reprezintă zona în care animalele ating cea mai mare dezvoltare, în timp ce pe uscat cea mai mare dezvoltare o au plantele.

Între plante și animale există o diferență fundamentală. Plantele conțin clorofilă și sînt capabile să își producă singure hrana lor, pe cînd animalele nu au clorofilă și trebuie să consume plante sau alte animale pentru a-și obține hrana necesară.

Diferitele încrengături animale sînt descrise în ordinea complexității lor biologice crescînde. Pentru o informare mai detaliată asupra animalelor marine trebuie să consultați un tratat de biologie. Unele animale descrise sînt ilustrate în planșele colorate din acest capitol.

Protozoa. Această încrengătură cuprinde mai ales organisme microscopice, constituite dintr-o singură celulă. Sarcodina[19] și Mastigophora[20] reprezintă cele două clase ale acestei încrengături, care sînt importante pentru oceanografie[21]. În Sarcodina sînt incluse ordinele Foraminifera și Radiolaria (vezi fig. 8.41). Testele acestor animale acoperă zone mari ale fundului oceanic (vezi fig. 8.42). Ele trăiesc în masa apei, iar după moarte cochiliile lor se depun pe fund. Foraminiferele mai sînt importante pentru faptul că concentrația izotopică din cochiliile lor poate indica unele condiții ale mediului în care au trăit. Prin urmare, scheletele lor externe, fosile, pot furniza informații despre condițiile de viață din timpul trecut. Radiolarii și foraminiferele pot fi utilizate și pentru datarea și corelarea sedimentelor, unele specii fiind caracteristice anumitor perioade ale timpului geologic. Cochiliile multor foraminifere sînt constituite

[19] Se mai numesc și Rhizopoda. — *D.M.*

[20] Se mai numesc și Flagellata; în această clasă sînt cuprinse atît organisme autotrofe — Phytoflagelata cît și heterotrofe — Zooflagelata. — *D.M.*

[21] Importante pentru sursele de hrană ale organismelor mici din sediment sînt și Ciliatele sau Infuzorii, o altă clasă de Protozoare, care se caracterizează prin prezența cililor la suprafața membranei celulare. — *D.M.*

din carbonat de calciu. Scheletele de radiolari sînt silicioase. Unele foraminifere sînt bentonice.

Clasa Mastigophora include dinoflagelatele, dintre care unele, aşa cum s-a arătat mai înainte, sînt mai degrabă organisme vegetale. Dinoflagelatele „animale" sînt, de asemenea, importante. Aceste mici animale se reproduc foarte rapid şi pot consuma o mare cantitate de fitoplancton.

Porifera. Această încrengătură grupează organismele multicelulare cunoscute în mod obişnuit sub numele de spongieri. Spongierii sînt animale bentonice care apar în forme foarte diferite. Ei sînt clasificaţi după constituţia scheletelor lor interne, care pot fi calcaroase, silicioase sau spongioase. Cei din ultimul tip sînt comercializaţi.

Spongierii se dezvoltă fixaţi pe fundul oceanic şi pot fi găsiţi la orice adîncime. Spongierii silicioşi sînt mai numeroşi la adîncimi mari decît ceilalţi, probabil pentru că aici materialul silicios precipită mai uşor decît cel calcares.

Spongierii se hrănesc din marile cantităţi de apă ce trec prin pereţii corpului lor, filtrînd organismele microscopice şi petritusul organic.

Ctenophora. Aceste animale se aseamănă cu meduzele şi sînt similare celenteratelor. Sînt animale pelagice exclusiv marine care consumă mari cantităţi de hrană.

Coelenterata[22]. Este o încrengătură mai complexă datorită faptului că prezintă dezvoltări ale ţesutului. De asemenea, indivizii au celule urticante numite nematociste, care sînt utilizate pentru imobilizarea unor animale. Aceste nematociste se află de obicei pe tentacule, care pot să aducă victima în poziţie pentru digerare. De asemenea, încrengătura atinge un grad înalt de polimorfism, adică speciile pot să apară într-o varietate de forme. De obicei există o alternanţă de generaţii între polipii bentonici (ataşaţi de fund) şi meduzele plutitoare ale aceleiaşi specii.

Trei clase ale acestei încrengături sînt deosebit de importante pentru a fi menţionate aici. Clasa Hydrozoa include anumite forme coloniale ca *Physalia*, cunoscută sub numele

[22] Celenteratele sau Cnidarele se deosebesc de Ctenofore sau Acnidare în primul rînd prin lipsa celulelor urticante şi printr-un început de simetrie bilaterală; aceasta din urmă le conferă chiar, după unii autori, un caracter de superioritate faţă de animalele diblastice cu simetrie radiară. — D. M.

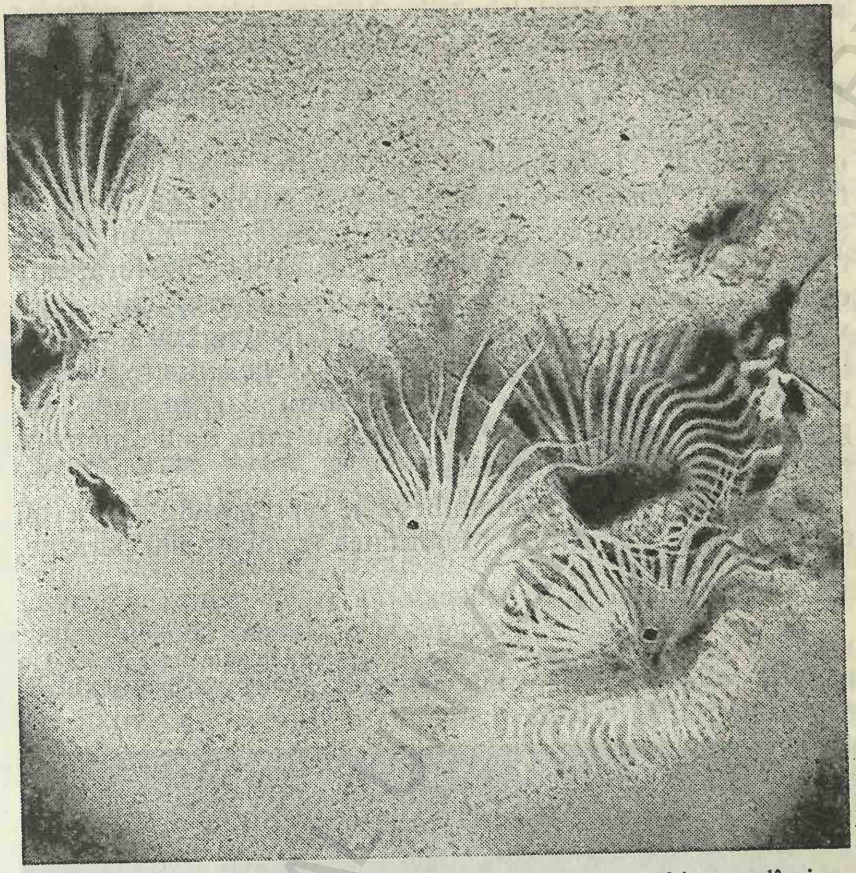


Fig. 6.15 Anemone fotografiate în golful Maine la 194 m adîncime.

de Corabia portugheză. Otrava[23] conținută în nematociste poate face ca țepii săi să fie fatali pentru oameni. Tentaculele de *Physalia* pot atinge lungimea de 10 m. Meduzele mari, uneori cu diametrul de 2 m, aparțin clasei Scyphozoa. A treia clasă, Anthozoa, include numeroși corali, actinii (fig. 6.15) și alcionari. Coralii sînt importanți pentru faptul că scheletele lor calcaroase pot forma nucleul unor mari recifi coralieri (vezi fig. 6.26 și 6.27). Dintre alcionari fac parte penele de mare pe care scufundătorii le ob-

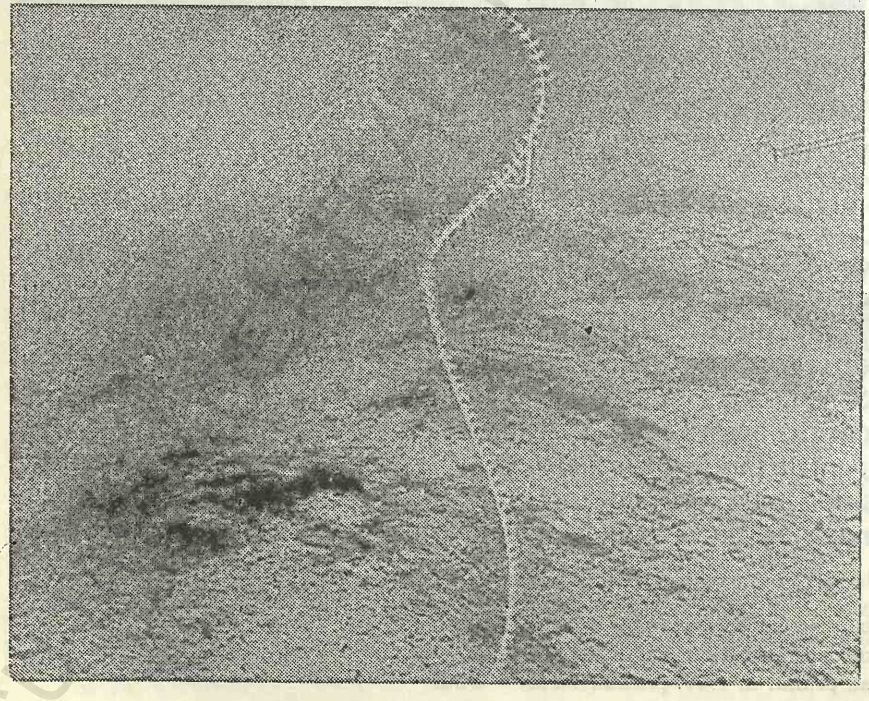
[23] Otrava se numește actinocongestină; studiul acțiunii actinocongestinei nematocistelor de pe tentaculele celenteratelor asupra unor animale de experiență a dus la descoperirea fenomenului de anafilaxie, descoperire pentru care Richet și Potier au primit, în 1910, premiul Nobel — *D.M.*

servă uneori pe fundul mării. O fotografie extraordinară a unei pene de mare este reprezentată în figura 6.16.

Plathelminthes, Nemathelminthes și Trochelminthes. Aceste trei încrengături includ varietăți de viermi nesegmentați de gălbează. Plathelminthes sînt viermi plați. Dintre ei face parte *Planaria*, viermele „sașiu", studiat de obicei la școală și în facultate și viermele „panglică", unul dintre numeroasele genuri parazite din această încrengătură, care este găsit uneori și în corpul omenesc. Dimensiunile indivizilor adulți ce fac parte din această încrengătură variază foarte mult, de la 0,5 cm pînă la 25 m. Unele dintre formele mai mari au fost numite monștri marini; dar, în ciuda lungimii lor, ei sînt foarte subțiri și nu au talia unui „monstru marin ca cel de la Loch Ness".

Încrengătura Nemathelminthes este reprezentată de viermi cilindrici sau filamentoși. Majoritatea formelor sînt parazite.

Fig. 6.16 *Pennatula*, sau pana de mare, fotografiată la adîncimea de 3000 m pe panta continentală de la est de New York (Fotografie pusă la dispoziție de David W. Folger).



Forma de uscat, numită viermele „cîrlig" sau *Trichinella*, reprezintă un parazit periculos pentru oameni.

Trochelminthes sînt așa-numiții viermi „roată". Cele mai multe organisme ale acestei încrengături populează apele dulci, dar există și unele care apar în planctonul marin.

În mare, aceste încrengături au reprezentanți bentonici mobili și sesili, găsiți adesea la adîncimi mari, dar și planctonici și paraziți, care trăiesc în ocean la toate adîncimile.

Bryozoa. Aceste animale pot să formeze cruste rigide calcaroase sau pelicule fine pe alge mari și pe alte obiecte. Întrucît scheletele lor sînt calcaroase, ele se păstrează după moarte și sînt abundente în stare fosilă.

Brachiopoda. Acest grup de animale bentonice este deosebit de important pentru geologi, căci în stare fosilă ele sînt foarte larg răspîndite. Brachiopodele au două cochilii calcaroase articulate printr-un fel de țîțînă, fiind asemănătoare, la prima vedere, cu scoicile. În general, brachiopodele apar în zona litorală a oceanului.

Chaetognatha. Această încrengătură este relativ restrînsă calitativ, cunoscîndu-i-se numai cîteva genuri. Chaetognatele, care sînt foarte rapace și pot să devoreze rapid un banc întreg de pești mici, sînt organisme mici, transparente, asemănătoare viermilor. În mod obișnuit, ele sînt denumite săgeți de mare sau viermi de sticlă (fig. 6.17). Aceste organisme pot să apară, aproape fără excepție, în toate zonele oceanice.

Annelida. Din acest grup fac parte rîmele, lipitorile și viermii de mare. Corpul lor este alungit, segmentat. Cele mai multe anelide marine sînt bentonice, multe dintre ele trăind în galerii. Acestea din urmă sînt importante datorită acțiunii lor neîncetate de agitare și amestecare a celor 10 cm ai părții superioare a sedimentului de fund.

Arthropoda. Este cea mai mare încrengătură din mediul marin, atît ca număr cît și ca masă totală. Artropodele au un schelet extern și numeroase apendice articulate. Din această încrengătură fac parte trei clase importante: Insecta, Arachnoidea și Crustacea. Insectele, care formează o clasă foarte mare și importantă de animale de uscat, lipsesc aproape total din mediul marin. Numai *Halobates*,

Fig. 6.17 *Sagitta*, un chetognat.

un săritor acvatic, își petrece întreaga viață în mare, trăind pe suprafața apei [24].

Arachnoidea include crabii potcoavă [25] și păianjenii de mare sau picnogonidele. Acestea din urmă nu sînt păianjeni adevărați, ca cei ce fac parte din această clasă. Ca și insectele, arachnidele formează în ocean un grup relativ minor.

Cea mai importantă clasă de animale o reprezintă crustaceele. Ea este împărțită în cîteva subclase. Una dintre subclase, Cirripedia, include balanușii. Formele adulte de *Balanus* au cochilii rezistente și trăiesc ca forme atașate pe unele obiecte fixe (de exemplu pilonii din porturi) sau pe animale de pe fundul oceanului. Au un stadiu larvar pelagic, ceea ce explică apariția lor neobișnuită pe balene sau pe coca navelor formînd, în acest din urmă caz, „*fouling*"-ul [26] care trebuie înlăturat periodic.

Cele mai multe crustacee fac parte din ordinul Copepoda. Copepodele sînt importante prin faptul că se hrănesc cu

[24] Și unele larve de insecte din ordinul muștelor — Chironomide. — *D.M.*

[25] Este vorba de animale din clasa Merostomate, ca de exemplu *timulus*, înrudit cu trilobiții, fosili.

[26] „Vegetația" de carenă, cum o numesc marinarii, sau „*fouling*"-ul, reprezintă totalitatea organismelor care se prind de coca navelor. Un mare număr de studii asupra stabilirii comunității de *fouling* au arătat că microorganismele sînt primele care se fixează pe suprafețele noi sau denudate și că formarea unei pelicule fine de bacterii și diatomee, dar și de balanuși, este în primul rînd necesară acestui proces. Ulterior se fixează alte alge unicelulare, hidroizi și balanuși, apoi briozoare, serpulide (policheți), spongieri și în ultimă instanță midii. — *D.M.*

fitoplancton, care se concentrează în corpurile lor devenind disponibil pentru nutriția animalelor mai mari. În acest mod copepodele formează o verigă importantă în lanțul nutritiv al mării. Numeroase copepode fac parte din zooplanctonul pelagic (vezi fig. 6.9).

Alt ordin, Euphausiacea, este, de asemenea, comun în zooplancton. Aceste animale sînt întrucîtva mai mari decît copepodele și sînt mai evoluate. Împreună cu unele copepode, euphausiaceele pot migra mult pe verticală, uneori deplasîndu-se cîteva sute de metri într-o zi. Ele constituie hrana favorită a unor balene.

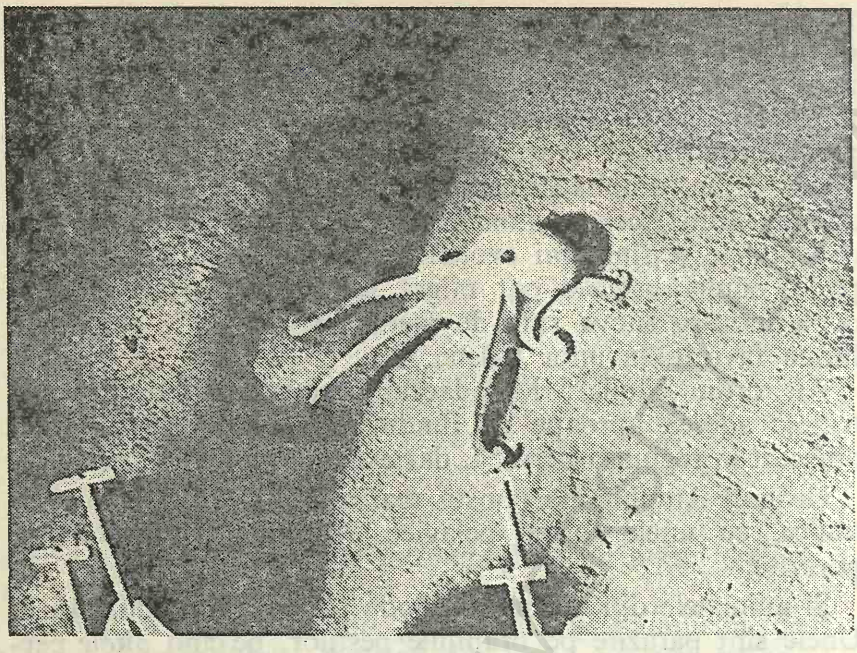
Alt ordin similar, Mysidacea, înglobează indivizi care trăiesc adesea aproape de fundul mării. Ei apar în mod obișnuit în regiunea neritică, dar există și specii batipelagice.

Ordinul Amphipoda constă mai ales din organisme bentonice, cu unele forme pelagice. Anumite amfipode sînt parazite.

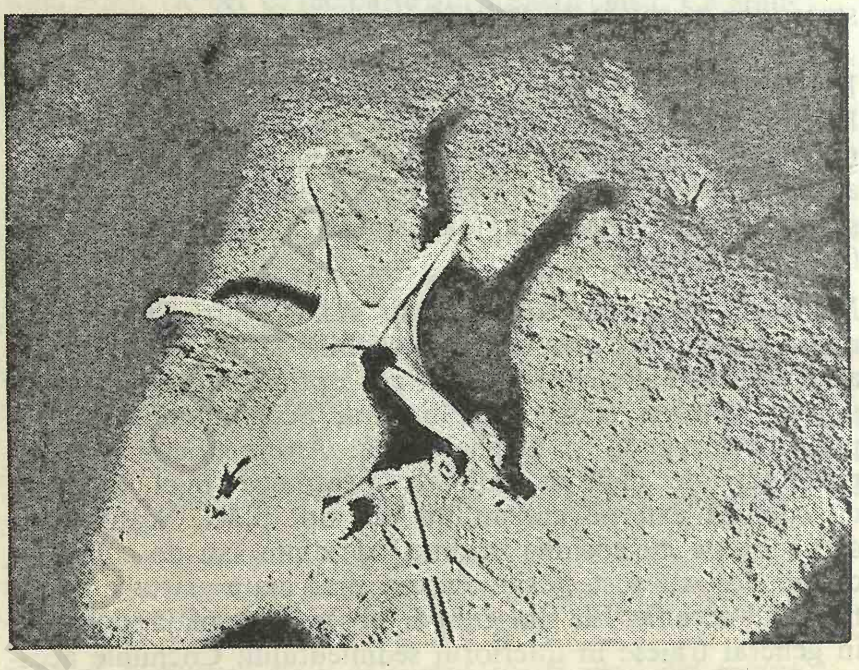
Și animalele din ordinul Isopoda trăiesc pe fundul mării. Unele sînt parazite pe branhiile peștilor, pe cînd altele perforează lemnul, putînd provoca pagube importante construcțiilor portuare și navelor.

Probabil că cel mai cunoscut ordin de crustacee este Decapoda, din care fac parte: crevetii, crabii, homarii și langustele. Cele mai multe dintre aceste animale sînt bentonice, numai puține forme fiind pelagice. Acest grup de animale este destul de valoros pentru om, care le pescuiește și le consumă, dar în tabloul general al oceanului nu sînt foarte importante.

Mollusca. Moluștele au un corp moale, care, la cele mai multe genuri, este acoperit de o cochilie tare. Cochilia poate avea una sau două părți, mai rar opt. Moluștele sînt împărțite în cinci clase: Amphineura, Scaphopoda, Gastropoda, Pelecypoda și Cephalopoda. Amfineurienii sînt reprezentați de chitoni, animale bentonice mici și plate cu cochilia externă constituită din opt plăci. Scafopodele sînt moluște cu cochilia în formă de dinte sau de colț. Cochiliile lor au fost găsite în cea mai mare parte a zonei fundului oceanic. Ele sînt greu de observat pe plajă, deoarece în general trăiesc în interiorul sedimentului. Cochiliile acestor animale au fost folosite ca obiecte de valoare de numeroase triburi de indieni.

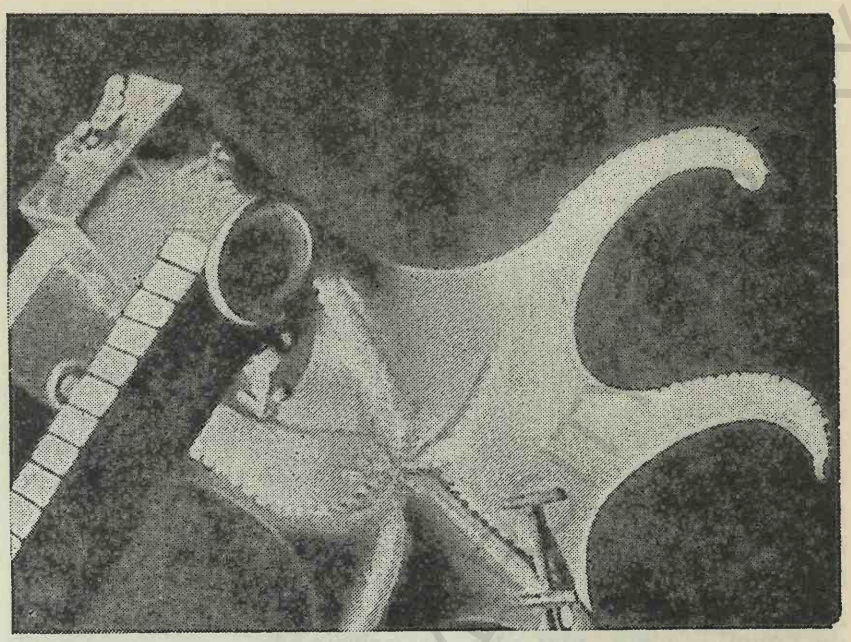


a

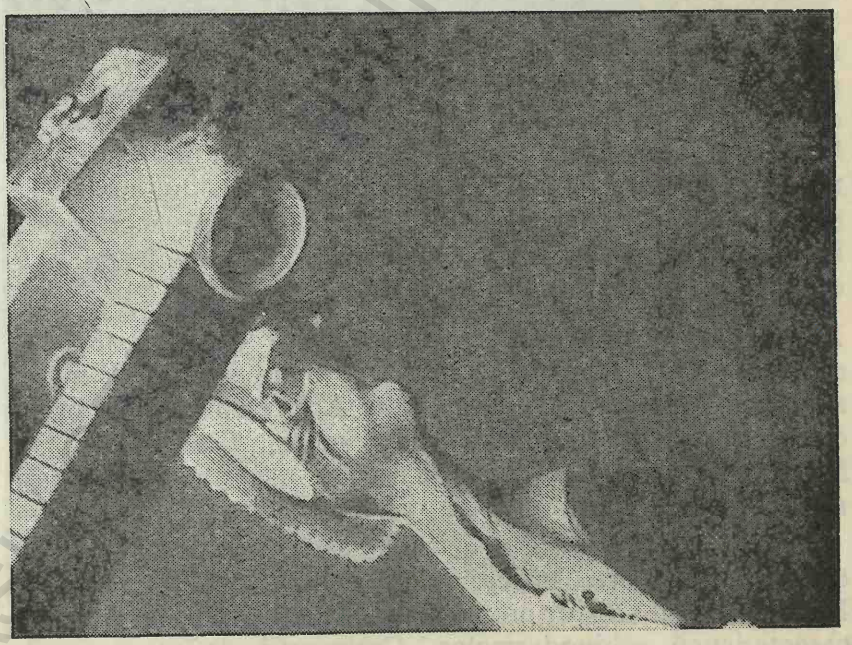


b

Fig. 6.18



c



d

Fig. 6.18 O caracatiță agresivă, enervată de submersibilul „Alvin", s-a decis să-i atace brațul mecanic (Fotografie publicată datorită amabilității Institutului Oceanografic din Woods Hole).

BCU IAȘI

Gasteropodele cuprind melci și limacși tereștri și marini bentonici, precum și forme plutitoare, ca pteropodele. Ca și scaphopodele, aceste animale au un fel de „picior" cu ajutorul căruia se deplasează pe fundul mării. La numeroase forme, piciorul este atașat de o cochilie tare, spiralată, care poate lipsi la unele specii planctonice. Una dintre aceste forme planctonice, pteropodele, după moarte formează depozite importante pe fundul oceanului.

Dintre pelecipode fac parte: pectenii, stridiile, midiile și alte scoici asemănătoare. Acestea sînt moluștele bivalve tipice. Cele mai multe animale marine care fac parte din acest ordin trăiesc fixate pe un substrat sau îngropate în depozitele de fund. Unele forme își sapă galerii în lemn, aceste animale perforante, cum sînt *Teredo* și *Bankia*, putînd provoca pagube mari; galeriile lor pot atinge lungimea de un picior. Pentru om, pelecipodele reprezintă o importantă sursă de hrană. Fostele așezări ale oamenilor primitivi pot fi adesea identificate după prezența unor grămezi mari de cochilii goale, mai ales de pelecipode.

Cefalopodele cuprind calmari, caracatițe, sepii (fig. 6.18) și nautiluși. La aceste animale piciorul musculos caracteristic moluștelor este împărțit în brațe și tentacule. Calmarul este foarte comun în ocean, fiind o sursă importantă de hrană pentru multe organisme. Calmarul uriaș, a cărui lungime poate atinge 15 pînă la 20 m, este cel mai mare animal nevertebrat cunoscut. Nevertebratele sînt animale fără șira spinării, care includ toate încrengăturile menționate în cadrul acestui capitol, cu excepția încrengăturii Chordata.

Echinodermata. Este tot o încrengătură de nevertebrate, exclusiv marină, în cadrul căreia sînt înglobați arici de mare, stele de mare și castraveți de mare. Aceste animale au pseudosimetrie pentaradiară și schelet intern. Cele mai multe forme sînt bentonice. Dintre echinoderme, patru clase sînt mai importante pentru a fi menționate aici.

Clasa Holothuroidea cuprinde castraveții de mare (fig. 6.19), animale care trăiesc la orice adîncime a oceanului. Doar scheletul acestor animale posedă simetria pentaradiară caracteristică echinodermelor. Castraveții de mare au o însușire foarte deosebită: pot să-și evagineze stomacul. În caz de primejdie ei își ejectează organele interne, la

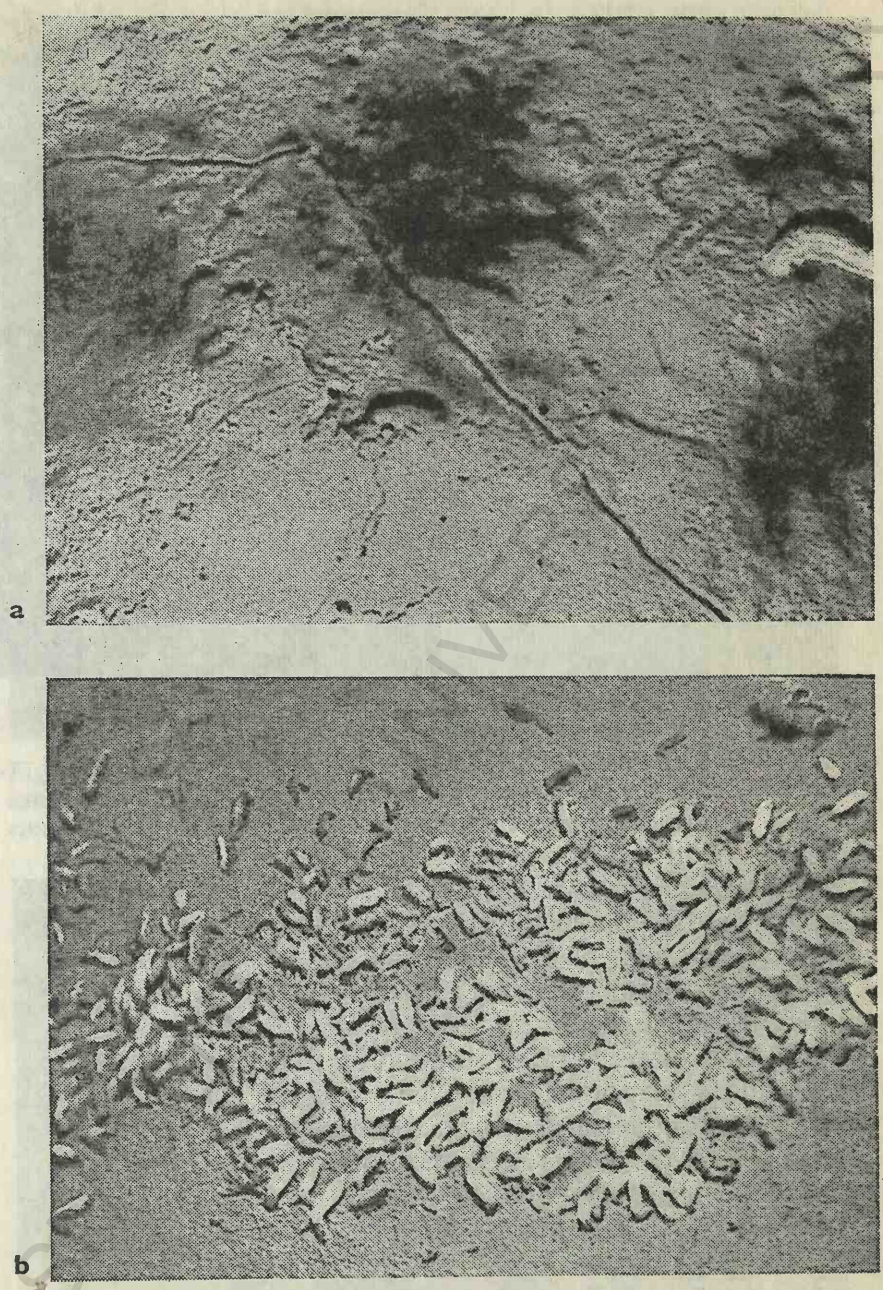


Fig. 6.19 a) Fotografia unui holoturid (castravete de mare), în centru dreapta, de la adîncimea de 4165 fathomi, în fosa Peru-Chile. De notat prezența a numeroase urme de tîrîre (Din Heezen și Holister, 1964); b) Un grup mare de holoturide fotografiat pe panta continentală a Virginiei, la adîncimea de 1615 m.

Fig. 6.20 Vierme abisal fotografiat la adîncimea de 4735 m în fosa Kermadec. Corpul viermelui se termină imediat după prima curbură, restul reprezentînd urma sa de tîrîre. Alte urme apar în colțul din stînga, sus, al fotografiei (După D. W. Bourne și B. C. Heezen, *Science*, fig. 2, *150*, oct 1965, pp. 60—63, Copyright 1965, Asociația americană pentru progresul științei).

care cei ce îi atacă se reped să le mănînce. Castraveții de mare pot, mai tîrziu, să-și regenereze alt set de organe.

Clasa Asteroidea, care include stelele de mare, este bine reprezentată în toată lumea oceanică. Stelele de mare pot fi văzute frecvent în zonele litorale, dar ele apar și în regiunile mai adînci ale oceanului. La aceste animale este caracteristică simetria pentaradiară. Stelele de mare se hrănesc cu stridii și pecteni, putînd provoca pierderi considerabile acestor valoroase resurse de hrană. În trecut, cînd pescarii prindeau stele de mare, le tăiau în două crezînd că le-au omorît și le aruncau înapoi în ocean. Din nefericire pentru ei (și pentru pecteni), stelele de mare, regenerîndu-și brațele pierdute, își dublau numărul. Astăzi se practică un control mai eficient asupra populației de stele de mare.

Clasa Ophiuroidea înglobează stelele-șarpe sau stelele cu disc, animale asemănătoare stelelor de mare, dar cu o zonă centrală mai distinctă, care trăiesc în partea cea mai adîncă a oceanului.

Clasa Echinoidea include aricii de mare (fig. 6.5 a) și bănuții de nisip.

Chordata. Este o încrengătură mare și foarte importantă. Toate chordatele prezintă un notocord, adică o serie de elemente care formează o structură rigidă ce reprezintă scheletul intern al animalului. Această încrengătură a fost divizată în patru subîncrengături: Hemichordata, Cephalo-

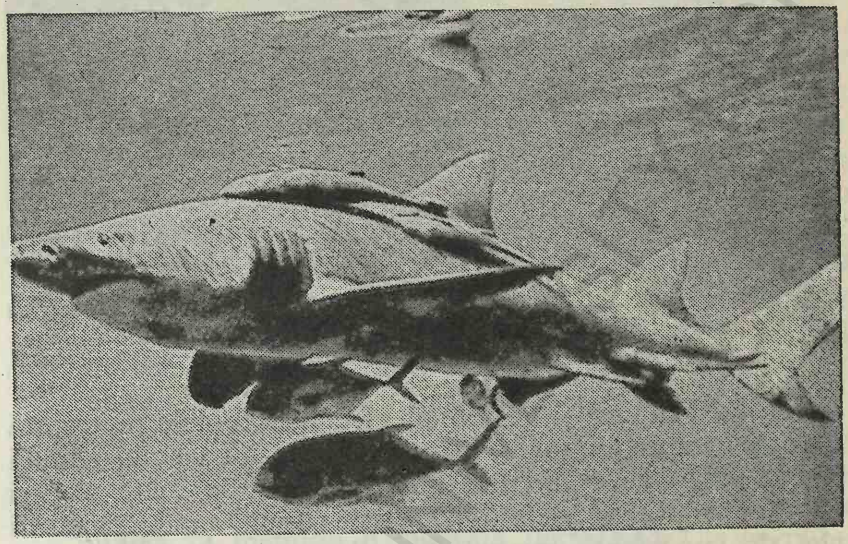


Fig. 6.21 Un mare rechin galben. De el sînt prinse exemplare de remora sau pești-ventuză (Fotografie publicată prin bunăvoința Acvariului Marineland, Florida).

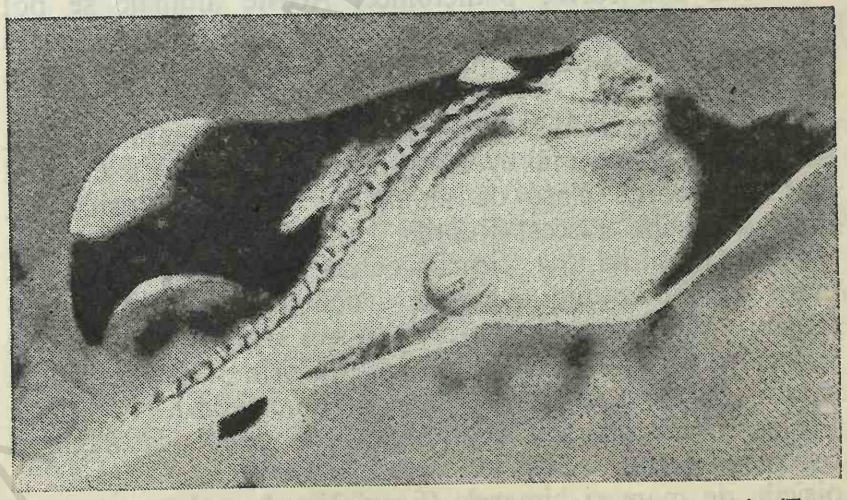


Fig. 6.22 O mică raie deplasîndu-se de-a lungul fundului oceanic (Fotografie pusă la dispoziție de Institutul Oceanografic din Woods Hole).

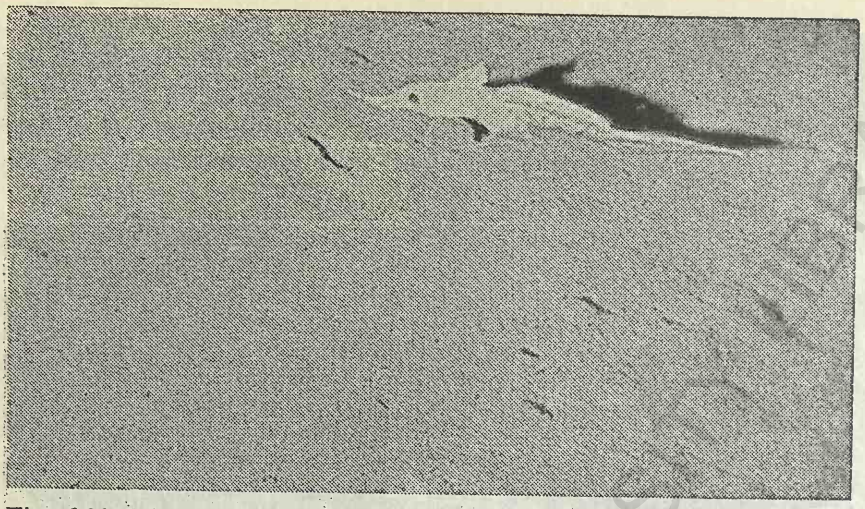


Fig. 6.23 O himeră cu nasul lung fotografiată din „Alvin" la adîncimea de aproximativ 1600 m.

chordata, Tunicata și Vertebrata. Hemichordatele reprezintă organisme asemănătoare viermilor, cum sînt viermii ghindă (fig. 6.20). Cefalocordatele sau suveicile de mare sînt și ele asemănătoare viermilor. Aceste două subîncrengături sînt de importanță minoră în cadrul oceanului.

Tunicatele sînt animale marine care se hrănesc filtrînd organismele și detritusul din apă. Unele sînt fixate pe fund, iar altele sînt forme planctonice. Aceste animale se pot înmulți îndeajuns ca, utilizînd aceeași hrană ca și peștii mici și alte viețuitoare marine, să le priveze de obișnuita lor hrană.

Vertebratele includ toate animalele cu vertebre și sînt considerate ca cea mai evoluată formă de viață. Ele cuprind șase importante clase de animale marine: Cyclostomata, Elasmobranchi, Pisces, Reptilia, Aves și Mammalia.

Peștii primitivi, ca cicarii, constituie grupul Cyclostomata. Ei nu au nici maxilare articulate, nici solzi. Mulți membri ai acestei clase sînt paraziți sau suspensivori. Cicarul se fixează pe un alt pește, face o gaură prin peretele corpului acestuia și îi suge lichidul intern, omorîndu-l.

Elasmobranchii sînt reprezentați de peștii cartilaginoși ca: rechinii (fig. 6.21), vulpile de mare (raiele) (fig. 6.22), pisicile de mare și himerele (fig. 6.23). Au solzi care nu se suprapun ca la peștii osoși. Gura lor nu este situată pe

marginea anterioară a capului, ci undeva dedesubt. Rechinii sînt cei mai mari dintre acești pești, unii din ei atingînd lungimi de peste 15 m. Ei au fost pescuiți intens datorită valorii nutritive a ficatului lor.

Clasa Pisces (Pești) este caracterizată prin solzi care se acoperă parțial, gură anterioară și schelet osos. Dintre toate animalele marine, cele care alcătuiesc această clasă au cea mai mare importanță pentru om. În fiecare an se prind și se consumă în lume miliarde de livre de pește. Există peste 25 000 de diferite specii de pești. Cele mai multe sînt pelagice, trăind la toate adîncimile oceanului. Există totuși numeroase specii care preferă să stea în apropierea fundului (fig. 6.24), după cum altele își desfășoară cea mai mare parte a activității lor aproape de suprafață.

Broaștele țestoase și șerpii sînt cei mai obișnuiți reprezentanți marini ai clasei Reptilia, dar nici unul dintre ei nu este foarte important pentru economia generală a oceanului. Întrucît respiră aer, ei trebuie să trăiască în apele de suprafață.

Clasa Aves (Păsări) împreună cu Mammalia (Mamifere) este compusă din animale cu sînge cald, avînd deci posibilitatea să mențină o anumită temperatură a corpului. De fapt, păsările nu trăiesc în ocean, dar multe dintre ele depind de acesta în privința hranei, reîntorcîndu-se pe uscat numai pentru reproducere. În zonele în care își au cuiburile există și guano — acumulare de produse fecale ale păsărilor și ale altor animale — care constituie importante depozite de îngrășăminte naturale.

Clasa Mammalia este cel mai evoluat grup al organismelor care trăiesc în mare. Aceste animale au sînge cald și folosesc aer pentru respirație. Dintre ele vom menționa aici trei ordine mai importante cu genuri marine: Carnivora, Pinnipedia și Cetaceea. Carnivorele sînt reprezentate de vidra de mare și ursul polar, iar dintre pinipede fac parte: focile, leii de mare și morsele. Cetaceele sînt formate din delfini, marsuini și balene. Acestea din urmă sînt cele mai mari animale cunoscute pe Pămînt. Balena albastră poate atinge lungimi de peste 35 m și pînă la 150 000 kg în greutate. Datorită vînătorii intensive la care au fost supuse de către om pentru procurarea de hrană, uleiuri și grăsimi, unele specii de balene au dispărut rapid. Sînt anumite specii de

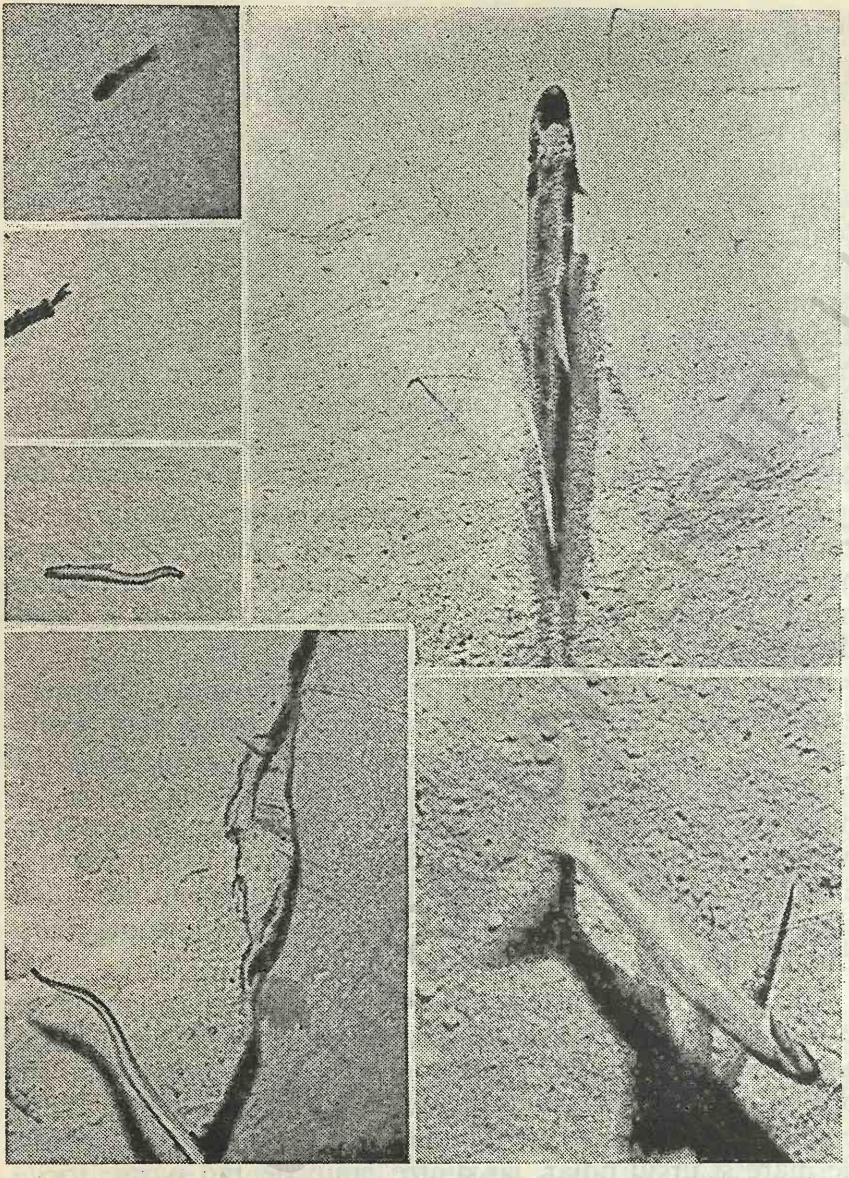


Fig. 6.24 Pești care trăiesc pe fund fotografiați în apropierea insulelor Bermude. Cel din stînga sus este de la adîncimea de 1300 m (Fotografie furnizată de C. D. Hollister).

balene care se hrănesc prin sistemul filtrării, hrana lor constînd mai ales din plancton. Altele, cum sînt cașaloții, au dinți și se hrănesc cu organisme de genul calmarilor.

BCU CLUJ LIBRARY

Recifi de corali

Recifii de corali reprezintă unul dintre cele mai interesante medii de viață oceanice. Aceste medii, care pot fi localizate la o mie de kilometri sau mai mult de cea mai apropiată masă continentală, reprezintă un echilibru sensibil între forțele oceanului și rezistența recifului.

Reciful constituie o comunitate biologică de pe fundul puțin adînc al mării, care formează o structură calcaroasă solidă, destul de puternică pentru a rezista forței valurilor. În cadrul celor mai multe dintre aceste comunități predomină coralii și algele. Algele tind să se dezvolte ca o crustă

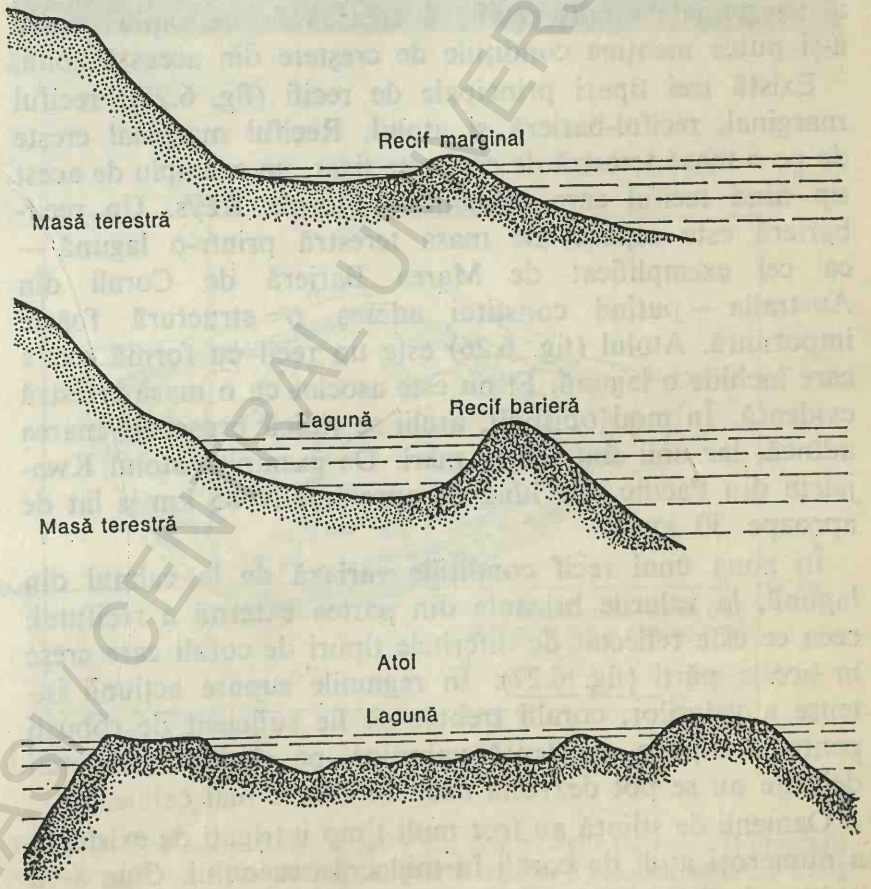


Fig. 6.25 Diferite tipuri de recifi de corali.

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

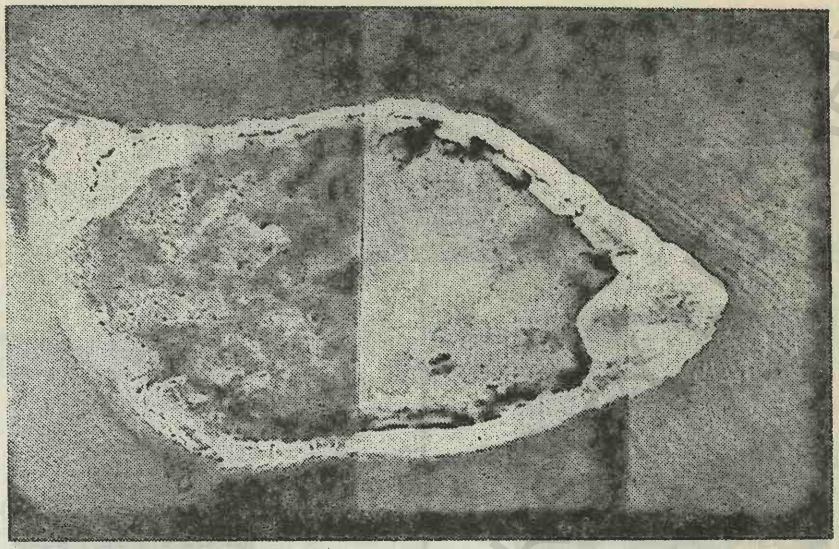
peste corali, conferindu-le rezistență și soliditate. Întrucît cei mai mulți recifi cresc în apropierea nivelului mării, ei trebuie să fie suficient de rezistenți pentru a face față forței erozive a valurilor brizante.

Recifii de corali necesită condiții de creștere bine delimitate, ca de exemplu temperatura apei de 70°F. Din acest motiv, numeroși recifi sînt întîlniți astăzi în regiuni tropicale. Coralii nu rezistă la salinități scăzute, iar în ape dulci mor; cel mai prielnic mediu de dezvoltare pentru ei sînt apele cu adîncime mai mică de 35 m. Sînt unele cazuri în care recifii trebuie să crească într-un ritm suficient de rapid pentru a ține pasul cu ridicarea nivelului mării sau cu coborîrea lentă a insulei pe care se dezvoltă. Ridicarea nivelului mării, cu aproximativ 120 m, din ultimii 20 000 de ani (vezi fig. 2.2) a determinat ca mulți recifi să crească foarte rapid pentru a-și putea menține condițiile de creștere din această zonă.

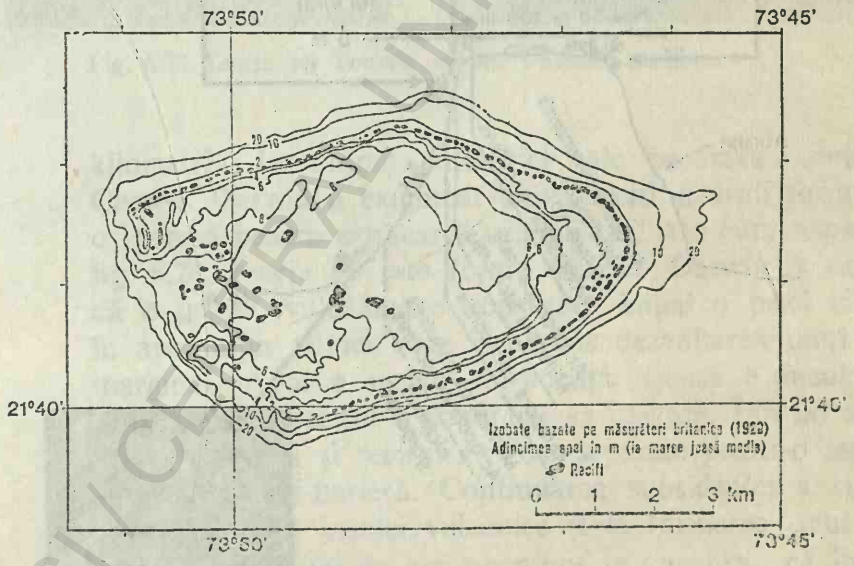
Există trei tipuri principale de recifi (fig. 6.25): reciful marginal, reciful-barieră și atolul. Reciful marginal crește de pe o masă terestră de care este fixat, un exemplu de acest tip fiind reciful care mărginește Florida Keys. Un recif-barieră este separat de masa terestră printr-o lagună — ca cel exemplificat de Marea Barieră de Corali din Australia — putînd constitui adesea o structură foarte impozantă. Atolul (fig. 6.26) este un recif cu formă ovală care închide o lagună. El nu este asociat cu o masă terestră evidentă. În mod obișnuit, atolii se ridică brusc din marea adîncă, iar unii sînt foarte mari. De exemplu, atolul Kwajalein din Pacific este lung de aproximativ 65 km și lat de aproape 30 km.

În zona unui recif condițiile variază de la calmul din lagună, la valurile brizante din partea externă a recifului, ceea ce este reflectat de diferitele tipuri de corali care cresc în aceste părți (fig. 6.27). În regiunile supuse acțiunii intense a valurilor, coralii trebuie să fie suficient de robuști pentru a opune rezistență valurilor, pe cînd formele mai delicate nu se pot dezvolta decît în zonele mai calme.

Oamenii de știință au fost mult timp intrigați de existența a numeroși atoli de corali în mijlocul oceanului. Cum s-au putut adapta aceste animale în ape cu adîncimea de cîțiva



a



b

Fig. 6.26 a) Hogsty Reef, un atol din Arhipelagul Bahamas (Fotografie oficială a Marinei americane); b) Harta lagunei și zonei cu adîncime mică a atolului Hogsty Reef. Adîncimea în metri (După J. D. Milliman, 1967).

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

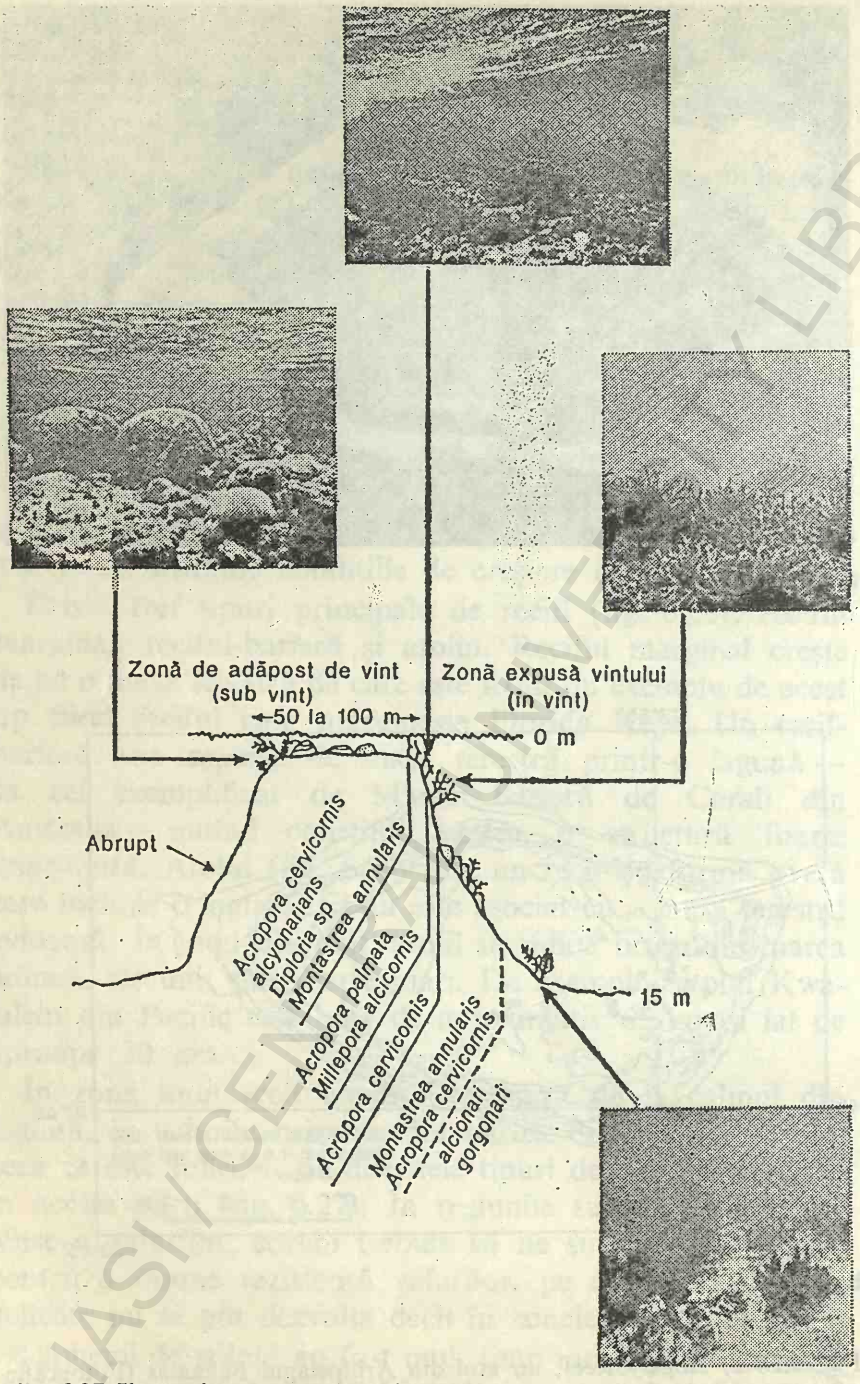


Fig. 6.27 Ilustrație care prezintă forme de corali ce cresc în diferite părți ale unui recif (Fotografie furnizată de J. D. Milliman).

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

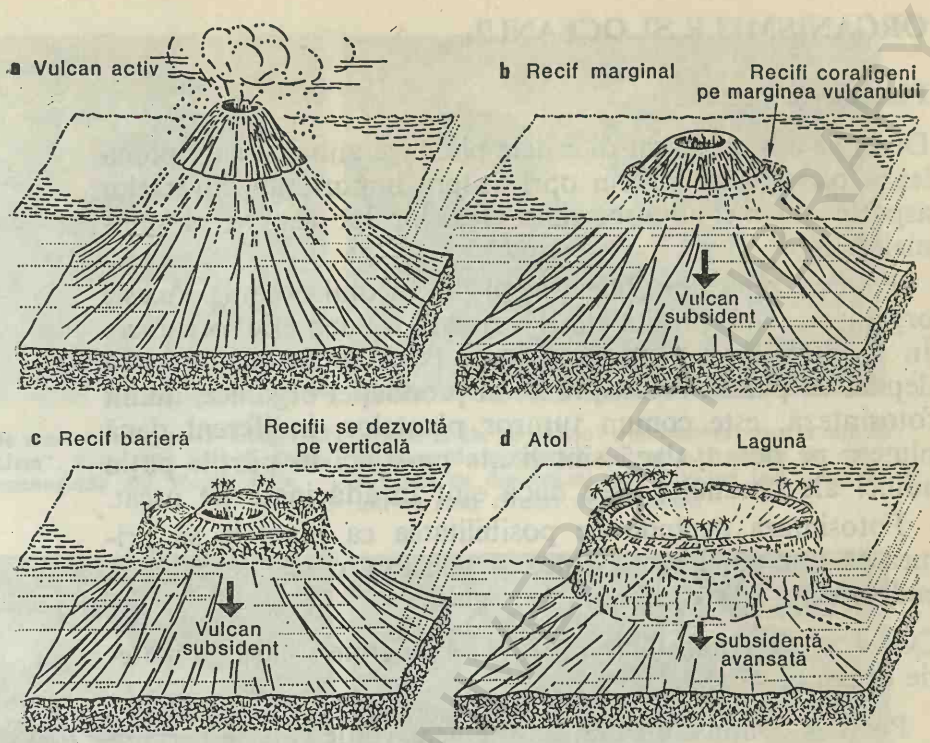


Fig. 6.28 Teoria lui Darwin asupra formării atolilor.

kilometri? În timpul călătoriei sale pe nava „Beagle", Charles Darwin a examinat cîțiva recifi și atoli formulînd o ipoteză pentru explicarea originii lor. Așa cum reiese din fig. 6.28, teoria sa este foarte simplă. Darwin a sugerat că o insulă vulcanică a constituit inițial o bază situată în ape puțin adînci, care a permis dezvoltarea unui recif marginal. Apoi a urmat subsidența ușoară a insulei, în timpul căreia reciful a continuat să crească. Într-un stadiu ulterior, insula și reciful au fost separate printr-o lagună, ca la un recif-barieră. Continuarea subsidenței a condus la scufundarea insulei vulcanice și la formarea unui atol.

Abia după 100 de ani s-a ajuns la concluzia că ipoteza lui Darwin este corectă, în urma dovezilor aduse prin forajele efectuate pe atolii Eniwetok și Bikini. Cu acest prilej s-au pus în evidență peste o mie de metri de formațiuni coraligene fixate pe un fundament vulcanic.

ORGANISMELE ȘI OCEANUL

Plantele și oceanul

După ce am prezentat diferitele plante și animale care populează oceanul, ne putem opri asupra importanței diverselor aspecte ale mediului marin și efectelor lor asupra organismelor.

Plantele reprezintă cheia vieții din mediul oceanic. Aceste organisme sînt producătorii primari de materie organică. În privința hranei, aproape toate celelalte forme de viață depind de plante. Acest proces al producției organice, numit fotosinteză, este comun tuturor plantelor, indiferent dacă plutesc pe ocean, dacă sînt fixate pe stînci în părțile puțin adînci ale oceanului, sau dacă sînt înrădăcinate pe uscat.

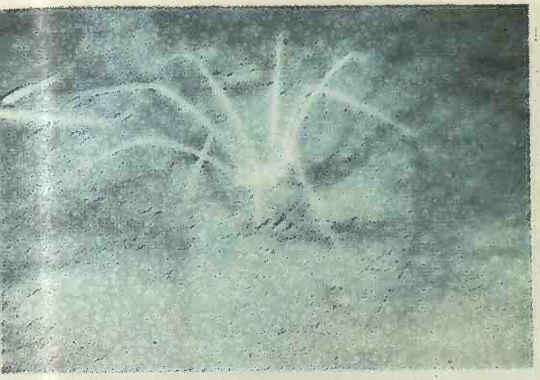
Fotosinteza depinde de posibilitatea ca plantele să primească lumină. Reacția fotosintetică este o reacție chimică endotermă, adică necesită energie.

$CO_2 + H_2O +$ substanțe nutritive $+$ energie solară $\rightarrow$ materie organică $+ O_2$

Plantele conțin clorofilă, un pigment verde care le permite să utilizeze energia din lumina solară. Utilizînd bioxid de carbon, apă, substanțe nutritive minerale și vitamine, energia solară produce materie organică. Procesul invers acestei reacții, cînd se consumă materie organică, este numit respirație. În cadrul acestui proces este folosit oxigenul și, în final, se înapoiază oceanului substanțele nutritive. Aceste două procese alcătuiesc, împreună, ciclul organic al oceanului (fig. 6.29).

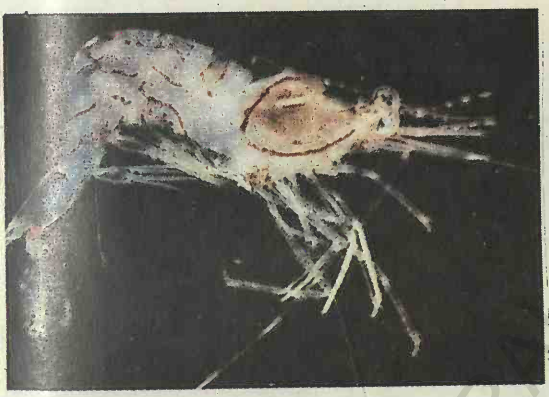
Lumina este necesară pentru plante. Ea determină adîncimea pînă la care plantele pot să trăiască în ocean. Această adîncime variază cu latitudinea, lungimea zilei, locația, starea vremii și alți factori. Așa cum rezultă din figura 6.10, în general există puțină lumină sub adîncimea de aproximativ 200 m. Pentru ca să supraviețuiască, plantele trebuie să trăiască deasupra acestei adîncimi. Prin urmare, plantele fixate de fund sînt restrînse numai la o mică porțiune a oceanului. Așadar, cele mai multe plante din ocean sînt planctonice: ele plutesc.

Pentru ca plantele să plutească, nu este însă așa de simplu după cum pare. Densitatea protoplasmei vii este, în general,



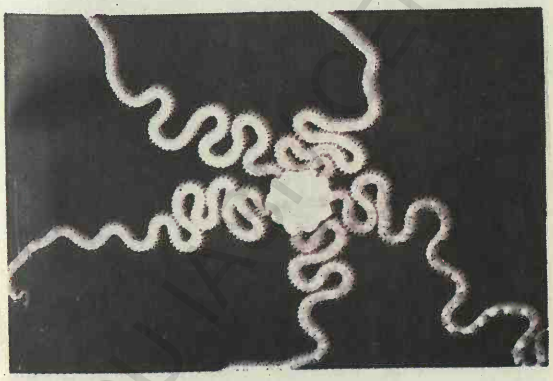
Planşa 1. Păianjen de mare *(Pycnogonid)* fotografiat din submersibilul „Alvin". Fotografie pusă la dispoziţie de Institutul oceanografic din Woods Hole.

Planşa 2. De pe „Alvin" s-au observat concentraţii de milioane de exemplare din această specie de peşti-lanternă de dimensiuni mici (doi-trei inci lungime), într-un strat difuzat de adîncime.



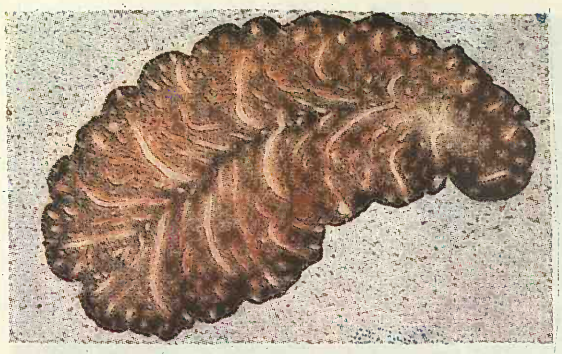
Planşa 3. Crustaceu *(Pandalus)*. Fotografie publicată prin amabilitatea lui P.A.Shave. Programul de sistematică-ecologie. Laboratorul de biologie marină.

Planşa 4. Ctenofor *(Pleurobrachia)*. Fotografie oferită de P. J. Oldham. Programul de sistematică-ecologie. Laboratorul de biologie marină.



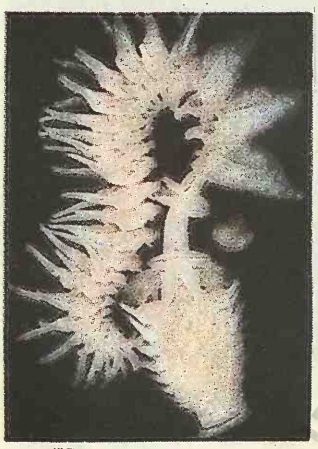
Planşa 5. Echinoderm ofiurid *(Amphioplus)*. Fotografie oferită de P. J. Oldham, Programul de sistematică-ecologie. Laboratorul de biologie marină.

Planşa 6. Crustaceu amfipod *(Byblis)*. Exemplarul a fost colorat. Fotografie oferită de P.J. Oldham, Programul de sistematică-ecologie, Laboratorul de biologie marină.



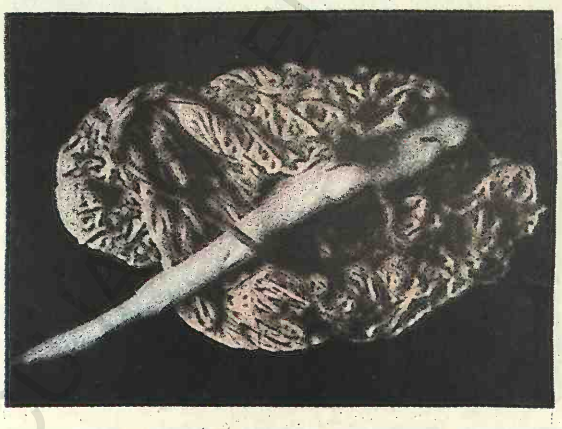
Planşa 7. Turbellariat din Marea Barieră de Corali (insula Heron). Turbelariatele evită lumina zilei tîrîndu-se pe sub corali. Sînt extrem de fragile, fragmentîndu-se imediat la manipulare. Fotografie oferită de Ederic Slater.

Planşa 8. Meduză gigantică, comună ţărmului estic al Statelor Unite. Fotografie oferită de George Lower



Planşa 9. Acest anelid polichet trăieşte într-un tub secretat de propriul său corp. Datorită apendicilor săi externi, apa circulă prin tub pentru alimentarea cu oxigen şi hrană. Este luminiscent, ceea ce pare ciudat deoarece frumuseţea sa nu poate fi admirată de alte animale. Fotografie oferită de George Lower.

Planşa 10. Pagur scos din cochilia sa. Fiind lipsit de un exoschelet tare, aşa cum au alţi crabi, trăieşte în cochilii goale de melci. Fotografie oferită de Ederic Slater.



Planşa 11. Embrionul unui rechin scos din „uterul" matern. Lungul cordon ombilical, care este ataşat de sacul embrionar pe jumătate gol, furnizează hrană embrionului. Fotografie oferită de George Lower.

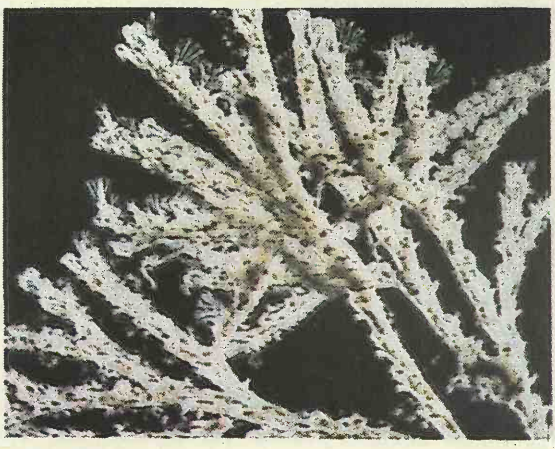
Planşa 12. Acest anelid colorat trăieşte în interiorul unui tub, într-un recif al Marii Bariere de Corali. Capul se extinde pentru procurarea hranei, retrăgîndu-se rapid cînd este deranjat. Fotografie pusă la dispoziţie de Ederic Slater.

Planşa 13. Un cirriped *(Balanus)*. Fotografie pusă la dispoziţie de P.J. Oldham, Programul de sistematică-ecologie, Laboratorul de biologie marină.

Planşa 14. Anemonă *(Metridium)*. Fotografie pusă la dispoziţie de P.J. Oldham, Programul de sistematică-ecologie, Laboratorul de biologie marină.

Planşa 15. Gasteropod nudibranhiat. Fotografie oferită de P. J. Oldham, Programul de sistematică-ecologie, Laboratorul de biologie marină.

Planşa 16. Coral (celenterat). Fotografie pusă la dispoziţie de P.J. Oldham, Programul de sistematică-ecologie, Laboratorul de biologie marină.

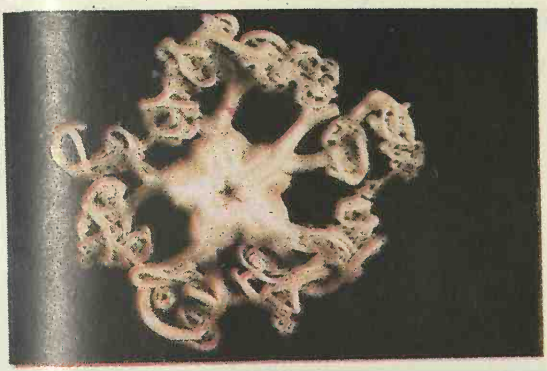


Planşa 17. Briozoar *(Bugula)*. Fotografie oferită de P. J. Oldham, Programul de sistematică-ecologie, Laboratorul de biologie marină.

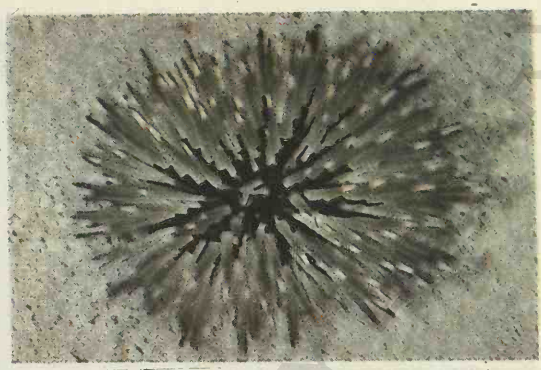
Planşa 18. Calmar *(Loligo)*. Fotografie oferită de P. J. Oldham, Programul de sistematică-ecologie, Laboratorul de biologie marină.

Planşa 19. Crevetă mică ce trăieşte în faldurile mantalei stridiei perlifere cu buze negre, unde se hrăneşte cu organismele ajunse la ea odată cu hrana stridici. Fotografie oferită de Ederic Slater.

Planşa 20. Vază de mare (tunicat). Fotografie pu la dispoziţie de P. J. Oldham, Programul de sistem tică-ecologie, Laboratorul de biologie marină.



Planşa 21. Echinoderm, ofiurid. Cele cinci braţe principale sînt divizate într-un mare număr de braţe mai mici. Aceasta este o vedere ventrală. Fotografie oferită de George Lower.



Planşa 22. Arici de mare provenit din Marea Barieră de Corali. Fotografie oferită de Ederic Slater.

Planşa 23. Nudibranhiat din zona Marii Bariere de Corali. Datorită agilităţii sale în timpul înotului, este numit „Dansatoarea spaniolă". Alte specii sînt numai tîrîtoare. Fotografie oferită de Ederic Slater.

Planşa 24. „Hero", nava de cercetări oceanografice antarctice a Fundaţiei Naţionale de Stiinţă a S.U.A. Fotografie oferită de William R. Curtsinger.

Planșa 25. Fotografie din satelit făcută deasupra Pacificului, de la înălțimea de 22 240 mile. O zonă de presiune scăzută acoperă sud-vestul Statelor Unite și Mexicul. Vestul Americii de Sud este afectat de o mare zonă de furtună. Fotografie pusă la dispoziție de N.A.S.A.

BCU LIBRARY

Planşa 26. Fotografie din satelit făcută deasupra Oceanului Atlantic, de la 22 240 mile înălţime. O zonă de furtună poate fi observată chiar la vest de Marea Mediterană. Fotografie pusă la dispoziţie de N.A.S.A.

BCU IAŞI

Planşa 27. Petrolierul „Torrey Canyon" naufragiat în apropierea coastelor Angliei. Se observă petrolul (zona de culoare neagră) care curge din nava avariată.

Planşa 28. O pereche de *Rynchops nigra* clocind. Fotografie oferită de Karin Engstrom.

Planşa 29. Artemisia şi urme de păsări. Fotografie oferită de Karin Engstrom.

mai mare decît a apei de mare, iar învelișurile crustoase sînt și mai dense. Pentru a-și mări capacitatea de plutire, plantele s-au adaptat în diferite moduri, de cele mai multe ori prin mărirea suprafeței lor. Rezistența fricțională a plantei față de apă se mărește pe măsură ce crește raportul dintre suprafață și volum. Pe lîngă faptul că ajută planta să plutească, suprafața mare mai prezintă un avantaj: aduce planta în contact cu o cantitate mai mare de substanțe nutritive. Alte adaptări în vederea plutirii sînt reprezentate de formele speciale ale unor cochilii care întîrzie scufundarea, de cochiliile subțiri și secretarea unor uleiuri sau grăsimi care reduc densitatea totală a plantei.

Planta care s-a scufundat pînă la o adîncime unde nu există suficientă lumină pentru fotosinteză este în pericol de moarte dacă nu este ridicată de un curent. Există un anumit punct, numit **adîncime de compensare**, unde prin fotosinteză se produce o cantitate de oxigen care satisface doar nevoile pentru respirația plantei. Nu este cea mai mare adîncime la care poate avea loc fotosinteza, dar sub adîncimea de compensare plantele nu mai pot fi considerate ca producătoare. Adîncimea zonei de compensare este în funcție de intensitatea luminii care, la rîndul său, este afectată de anumiți factori, ca materialul suspendat, din apă și turbulența. În apele litorale, adîncimea de compensare este în general la 20 pînă la 30 m, în timp ce în largul oceanului poate ajunge pînă la 100 m.

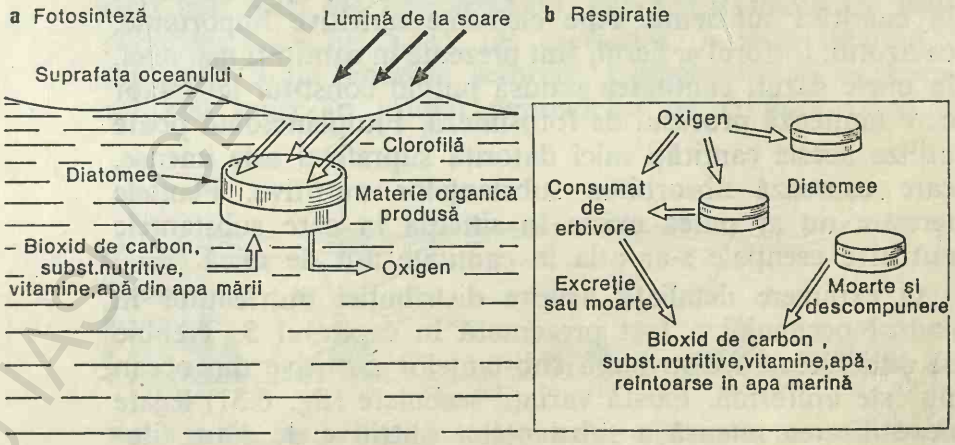


Fig. 6.29 Ciclul organic al oceanului: a) fotosinteză și b) respirație.

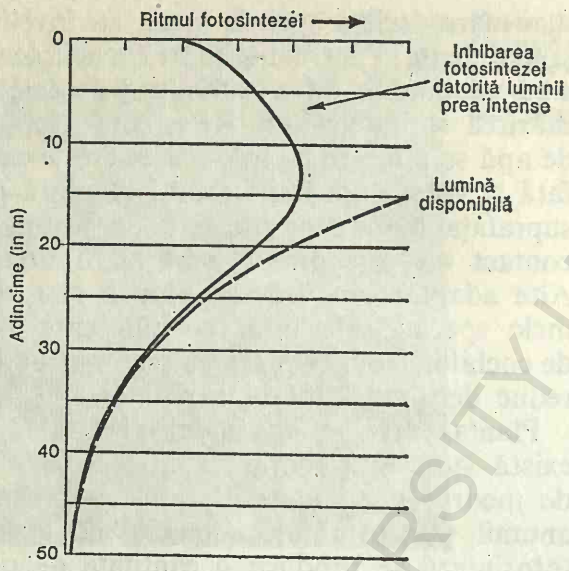


Fig. 6.30 Fotosinteza în funcție de lumina disponibilă.

Intensitatea fotosintezei este în dependență strînsă de lumina disponibilă (fig. 6.30). În larg, la numai cîțiva metri adîncime, fotosinteza poate fi inhibată aparent datorită luminii prea intense. Altă cerință a ecuației fotosintezei este CO_2 (bioxidul de carbon) care, fiind de obicei abundent în apa mării, nu constituie un factor limită.

Pentru fotosinteză aportul de substanțe nutritive poate reprezenta un punct critic. Unele elemente, despre care se știe că sînt esențiale pentru creșterea plantei, apar de obicei în cantități suficiente. Alte elemente nutritive importante, ca azotul, fosforul și fierul, sînt prezente în cantități mai mici, în unele cazuri cantitatea redusă putînd constitui un factor care limitează procesul de fotosinteză. Fitoplanctonul poate utiliza aceste cantități mici datorită suprafeței sale imense, care ușurează absorbirea substanțelor nutritive. Plantele terestre nu ar putea exista în situația în care substanțele nutritive esențiale s-ar afla în cantitate atît de mică.

O expunere detaliată asupra distribuției nutrienților în cadrul oceanului a fost prezentată în capitolul 5. Trebuie să subliniem că distribuția substanțelor nutritive din ocean nu este uniformă. Există variații sezoniere (fig. 6.31) legate de utilizarea intensă a substanțelor nutritive de către fitoplancton în perioadele sale de creștere și reproducere in-

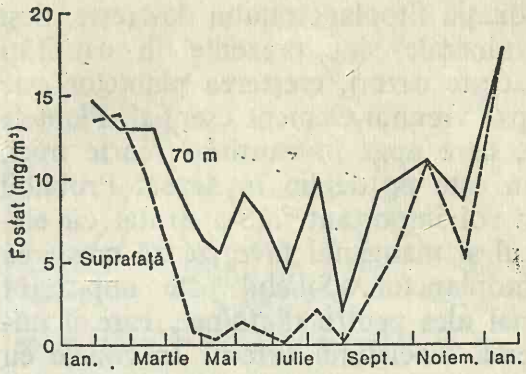


Fig. 6.31 Variații sezoniere ale concentrației de fosfat, măsurată în apele superficiale și la adîncimea de 70 m, în Canalul Mînecii (După Atkins, 1926).

tensivă. De asemenea, apar și diferențe geografice (fig. 6.32) datorită variațiilor de concentrare și de creștere a fitoplanctonului în diferite zone. De exemplu, în Bazinul Arctic cantitatea de materie organică produsă anual de fitoplancton este relativ scăzută datorită stratului de gheață care limitează pătrunderea luminii. În mările antarctice există o puternică circulație a apei, care aduce cantități mari de materii nutritive în apele de suprafață. Acest aport este așa de mare încît nu se simte lipsa substanțelor nutritive, în ciuda productivității mari din zona respectivă.

Distribuția substanțelor nutritive prezintă variații și pe verticală. În general, concentrațiile acestor substanțe sînt reduse în apele de suprafață, unde sînt consumate de fitoplancton. Cantitatea de nutrienți este relativ ridicată la adîncimi mai mari ale apei datorită degradării ulterioare sau resturilor (vezi fig. 5.11). De asemenea, această diferență reprezintă și un fenomen sezonier, contrastul fiind în general mai mare în timpul perioadelor de creștere rapidă.

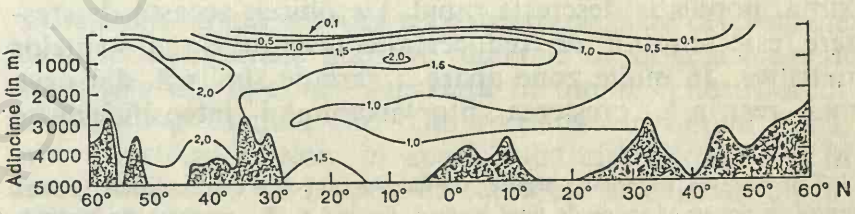


Fig. 6.32 Distribuția fosfatului (µgrame atomi/litru) în partea centrală a Atlanticului (După Sverdrup și colab., 1942).

În unele cazuri, producția fitoplanctonului descrește, deși substanțele nutritive minerale sînt prezente în cantități aparent suficiente. În aceste cazuri, creșterea plantelor este probabil limitată de lipsa vreunui element esențial. Plantele conțin multe elemente, care apar în cantități foarte mici, dar semnificația lor nu este pe deplin înțeleasă. Probabil că și vitaminele au un rol important[27]. S-a arătat că elemente ca: cuprul, zincul și manganul favorizează creșterea anumitor tipuri de fitoplancton. Siliciul este important pentru multe plante, mai ales pentru diatomee, care îl utilizează pentru producerea scheletului extern. În zonele cu aport redus de siliciu, scheletul diatomeelor tinde să devină mai subțire, ceea ce pare să reflecte lipsa acestui element.

Pînă acum am subliniat factorii care sînt determinanți pentru creșterea plantelor. Alți factori, mai puțin evidenți, afectează metabolismul plantelor și densitatea distribuției lor.

Salinitatea este importantă datorită faptului că influențează presiunea osmotică dintre plantă și mediul său înconjurător. Din acest punct de vedere, salinitatea poate să delimiteze tipul de plantă care să se dezvolte într-un anumit mediu.

Temperatura poate afecta metabolismul și distribuția plantelor. De exemplu, dacă temperatura se ridică cu 10°C, metabolismul poate crește de două sau de trei ori. Anumite specii de plante sînt comune regiunilor polare, altele apar mai frecvent în regiuni temperate sau ecuatoriale. Temperatura afectează, de asemenea, vîscozitatea apei, determinînd scufundarea anumitor plante.

Variațiile sezoniere ale populației de fitoplancton sînt influențate de lumină și mai puțin de temperatură. La latitudini temperate și înalte, primăvara apar, de obicei, înfloriri de fitoplancton, dar după ce se atinge frecvența maximă, populația descrește rapid. De obicei, această descreștere este însoțită de reducerea concentrației substanțelor nutritive. În multe zone apare o variație similară, dar ceva mai restrînsă, creșterea fitoplanctonului intensificîndu-se

[27] Într-adevăr, majoritatea algelor, atît din plancton cît și cele bentonice, reclamă pentru dezvoltare vitamine de tipul biotinei, tiaminei și B_{12}, rezultate din secrețiile bacteriilor, dar și sintetizează, în același timp, vitamine, pe care le elimină la rîndul lor, punîndu-le la dispoziție întregului fitoplancton. — *D.M.*

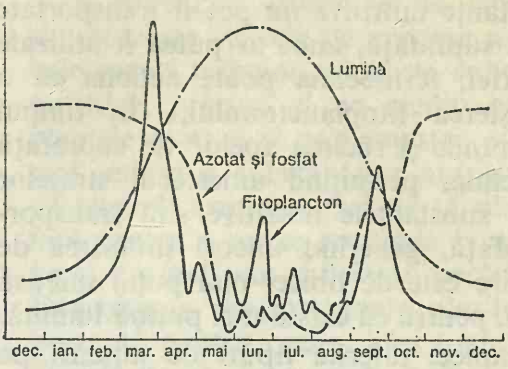


Fig. 6.33 Reprezentarea diagramatică a variațiilor sezoniere ale luminii, azotaților și fosfaților și a fitoplanctonului într-o mare temperată tipică din emisfera nordică (După Raymont, 1963).

toamna, după care urmează o scădere în timpul iernii, urmată, la rîndul ei, de înflorirea de primăvară (fig. 6.33). Timpul exact al celei mai masive înfloriri depinde îndeosebi de condițiile locale. Recent, anumiți oameni de știință au emis ipoteza că înflorirea de primăvară este provocată de o creștere a radiațiilor incidente și de dezvoltarea unui strat superior de apă stabil. Cînd stratul superior amestecat de vînt devine suficient de subțire, în așa fel încît fitoplanctonul să se păstreze în zona bine luminată, apare o înflorire. Dacă amestecul apei se extinde în adîncime, fitoplanctonul, fiind dependent de curent, este transportat mai jos de zona eufotică și nu dispune de suficientă lumină pentru a înflori. Odată cu venirea primăverii, creșterea temperaturii apei din stratele superioare determină o stratificare termală care suprimă amestecul prea adînc pe verticală. În regiunile cu gheață și precipitații puternice, gradientul net de salinitate, datorat apelor de suprafață mai dulci, acționează în mod similar eliminînd amestecul pe verticală al apelor. Aceasta înseamnă că plantele se vor afla în partea superioară, luminată de soare, avînd în acest fel posibilitatea să înflorească.

Creșterea rapidă necesită o concentrație mare de elemente nutritive. Substanțele nutritive minerale de origine biogenă consumate din apele de suprafață în timpul înfloririlor de primăvară și toamnă sînt reîmprospătate în timpul iernii, prin amestecul apelor, în special datorită furtunilor. În cursul lunilor de vară, apele de suprafață sînt încălzite producînd o termoclină (vezi fig. 7.3), adică o stratificație generată de temperatură. Datorită acestei stratificări, apele

de fund bogate în substanțe nutritive nu pot fi transportate în stratele de apă de la suprafață, unde ar putea fi utilizate pentru fotosinteză. Astfel, termoclina poate acționa ca o frînă, împiedicînd creșterea fitoplanctonului. În timpul toamnei și al iernii, furtunile și răcirea apelor de suprafață tind să spargă termoclina, permițînd amestecul stratelor de apă. În acest mod, substanțele nutritive sînt transportate în apele de suprafață, generînd uneori înflorirea de toamnă. Această înflorire este de obicei mai puțin intensă decît cea de primăvară, pentru că există mai puțină lumină.

În unele regiuni oceanice, diferite tipuri de mișcări pe verticală transportă spre suprafață volume suficiente de ape de fund bogate în substanțe nutritive, care pot întreține o populație numeroasă de fitoplancton. Aceste mișcări includ urcări de ape din adîncuri (*„upwelling"*), divergență, convergență și convecție (vezi pag. 251). Prin urmare, regiunile cu mișcări pe verticală pot reprezenta și zone cu producție organică mare [28].

În zona de divergență ecuatorială, unde apele de adîncime sînt aduse la suprafață de-a lungul ecuatorului, efectele acestei productivități sînt indicate de cantitatea mare de cochilii care există în sedimentele de fund (vezi fig. 8.42). Zone de *„upwelling"* pot să apară de-a lungul unei coaste unde vîntul deplasează spre larg apele de suprafață care, la rîndul lor, sînt înlocuite de ape de adîncime mai bogate în substanțe nutritive (vezi fig. 7.13). Unele zone cu productivitate biologică mare, cum sînt coasta Californiei și coasta de vest a Americii de Sud, își datorează existența acestui fenomen. Turbulența este deosebit de importantă în zonele cu apă puțin adîncă, ca în golful Fundy, caracterizate printr-o puternică acțiune a mareelor. Convecția apare în regiunile unde există importante variații sezoniere de temperatură. Iarna, apa se răcește, devenind mai densă, și poate să se scufunde, fiind înlocuită de apă bogată în substanțe nutritive provenită de la adîncimi mai mari.

[28] Ariile cu cea mai ridicată producție organică datorată fenomenului de *„upwelling"* sînt cele de pe coastele Peru-Chile, Somaliei, Arabiei și din jurul continentului antarctic; de asemenea, cele din preajma lanțului Insulelor Aleutine, din lungul ecuatorului și la limitele nordice ale contracurenților ecuatoriali.

Fenomenul de *„upwelling"* este cel mai des întîlnit în jurul insulelor, în dreptul promontoriilor care avansează adînc în masa vreunui curent, peste munți marini, la limita maselor de apă cu diferențe mari de temperatură. — *D.M.*

În concluzie, procesele de creştere a plantelor marine sînt similare cu cele de creştere a plantelor terestre, în ambele cazuri trebuind să existe suficientă lumină şi substanţe nutritive, precum şi un mediu ospitalier. Diferenţa dintre plantele marine şi cele terestre este rezultatul concentraţiei mai reduse a substanţelor nutritive în ocean şi a faptului că plantele oceanice trebuie să plutească în apele de suprafaţă pentru a nu se scufunda la adîncimi unde lumina existentă nu mai este suficientă pentru a întreţine viaţa plantei. Dezvoltarea acestor plante plutitoare este deosebit de importantă pentru ocean, căci toate formele de viaţă animală depind de ele în privinţa hranei.

Producţia organică

Producţia organică poate varia considerabil în funcţie de timp, loc şi de alţi factori. De exemplu, în regiunile polare producţia este foarte ridicată în lunile de vară, datorită faptului că soarele luminează aproape toată ziua. Iarna, zilele sînt în cea mai mare parte întunecate, iar producţia este foarte scăzută. Despre producţia organică din regiunile temperate ne-am ocupat mai înainte. La tropice, unde marea este luminată destul de constant, ritmul producţiei este aproximativ acelaşi în tot timpul anului.

Cînd un biolog marin vorbeşte despre producţia organică, el se referă la cantitatea de materie organică produsă în cadrul unei unităţi de suprafaţă sau de volum (metru pătrat sau metru cub) într-o unitate de timp (de exemplu zi sau an) şi la cantitatea sintetizată de plante din săruri anorganice [29]. Producţia totală (brută) reprezintă totalul cantităţii produse, din care o parte va fi utilizată chiar de plantă în timpul procesului său de respiraţie. „Standing crop"-ul exprimă numărul real de organisme, care însă nu reprezintă o estimare absolută a productivităţii [30], dar se află în relaţie strînsă cu aceasta. Uneori, producţia este ridicată dar, datorită faptului că plantele sînt consumate de erbivore, „*standing-crop*"-ul este mai mic.

[29] Inclusiv cantitatea de substanţe organice produse de organisme care, în timpul dat, s-au dezvoltat şi au dispărut. — *D.M.*

[30] Productivitatea biologică este definită ca puterea sau capacitatea de a produce materie organică în organismele vii. Termenul nu este utilizat exact, deoarece are doar

Producția organică poate fi măsurată prin mai multe metode, bazate mai ales pe ecuația fotosintezei. Alte metode se referă la măsurarea cantității de substanțe nutritive care este implicată în ciclul organic și a cantității de clorofilă din apă. Aceasta din urmă reprezintă o indicație a numărului de plante prezente.

Altă metodă de determinare a producției organice constă în coborîrea, înapoi în ocean, a unor butelii de sticlă închise etanș în care există fitoplancton și apă colectate dintr-o anumită zonă. După o perioadă de timp buteliile de sticlă sînt ridicate și se măsoară conținutul în oxigen (care a fost măsurat la același nivel și înainte de coborîrea sticlelor). Diferența conținutului de oxigen înainte și după coborîre depinde de intensitatea procesului de fotosinteză. De obicei, aceste măsurători indică o creștere a conținutului de oxigen în stratele superioare. La adîncimi mai mari se atinge un punct unde conținutul de oxigen din sticle nu se mai modifică în cursul experienței (tabelul 6.3). Aceasta este adîncimea de compensare, unde cantitatea de oxigen produsă în timpul fotosintezei este egală cu cantitatea utilizată de plante pentru respirație. La adîncimi mai mari, conținutul de oxigen din sticle poate să scadă. Cantitatea de oxigen produsă poate fi utilizată pentru estimarea producției organice, însă această metodă nu ia în considerare respirația, proces în cursul căruia se consumă oxigen, deci nu reprezintă o măsură reală a producției organice.

Pentru măsurarea respirației este necesar ca experiențele să fie ușor modificate. Două butelii cu fitoplancton și apă de mare sînt coborîte la diferite adîncimi; o butelie este acoperită cu material opac, iar alta este lăsată transparentă. Variația conținutului de oxigen din butelia opacă se datorește respirației plantelor și bacteriilor. Astfel, cantitatea de oxigen pierdut în butelia opacă, împreună cu cantitatea produsă în butelia transparentă, vor indica producția organică brută.

sens calitativ, indicînd fertilitatea unei regiuni oceanice, fără a ține seama de timp. Pentru scopurile estimării cantitative, acest termen nu are valoare practică și deoarece s-au produs și foarte multe confuzii este mai bine să fie abandonat în favoarea exclusivă a termenului de „producție".

Productivitatea a fost restrînsă la „productivitatea primară" de către botaniști, fiind interpretată ca ritm al fixării carbonului de către organismele fotosintetizante, iar producția a fost mai recent definită drept „cantitatea netă de protoplasmă rezultată după pierderile prin moarte și metabolism (respirație)".

Cantitatea de materie vie la un moment dat este „*standing-crop*"-ul sau „biomasa actuală" (vezi pagina 169). — *D.M.*

TABELUL 6.3 CONȚINUTUL DE OXIGEN AL BUTELIILOR COBORÎTE, MĂSURAT PE DURATA A 24 DE ORE (după GAARDER și GRAN, 1927)

Adîncimea de coborîre (metri)	Oxigen cm^3/litru (diferența)
0	+0,20
2	+0,19
5	+0,13
10	0,0 adîncimea de compensație
20	—0,03
30	—0,05
40	—0,07

Sursele de erori ale acestor experiențe sînt reprezentate de înglobarea accidentală a unor forme de zooplancton și de ritmul rapid de reproducere a unor bacterii, ambele putînd afecta concentrarea oxigenului în butelii.

Una dintre tehnicile cele mai utilizate pentru măsurarea producției organice utilizează carbonul-14. În apă de mare cu o cantitate normală de bioxid de carbon și fitoplancton se adaugă o cantitate cunoscută de bioxid de carbon conținînd carbon-14. Măsurînd cantitatea de carbon din plante la sfîrșitul experienței, se poate calcula cantitatea de carbon fixat de plante. Este necesar să se estimeze sau să se măsoare și cantitatea de carbon-14 pierdută de plante în timpul respirației.

„*Standing crop*"-ul poate fi determinat prin filtrarea apei de mare și colectarea planctonului. Această metodă este imperfectă pentru că multe forme mici, cum sînt cocolitoforidele, pot trece chiar prin cele mai fine plase. Astfel, filtrarea va conduce la estimarea exactă a „*standing crop*"-ului numai cînd populația fitoplanctonului constă din forme mai mari. Altă metodă implică măsurarea clorofilei, care trebuie să provină din celulele plantei. Unele probleme ale acestei metode constau în faptul că față de cantitatea de carbon din plantă, clorofila poate să varieze cantitativ; de asemenea, cantitatea de clorofilă este variabilă la diferite specii.

Producția organică mai poate fi măsurată și prin observarea variațiilor suferite de cantitatea totală de substanțe nutritive minerale în cadrul unei anumite regiuni. Se poate presupune că pierderea substanțelor nutritive organogene, ca azotații și fosfații, s-a produs prin înglobarea lor în materia

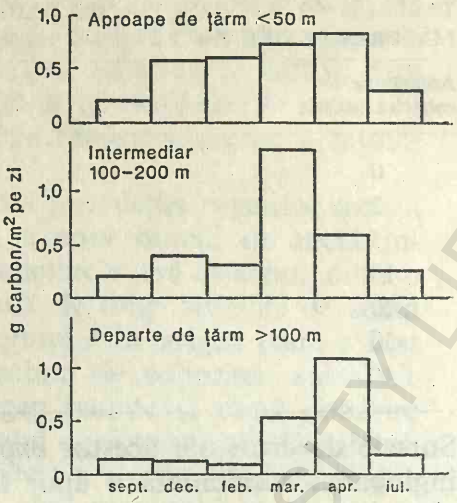


Fig. 6.34 Comparația producției organice totale zilnice pentru diferite momente, în stații din apropierea țărmului, de la distanță medie și mare de țărm. Producția este măsurată în apele de suprafață ale acestor zone (După Ryther și Yentsch, 1958).

organică, în cursul fotosintezei. Această metodă prezintă dificultăți pentru că nu se pot estima cu precizie pierderile datorate precipitării anorganice sau reciclării materialului mort.

În rezumat, toate metodele de măsurare a producției organice au unele neajunsuri. Totuși, ele pot să estimeze destul de bine producția organică relativă din diferite părți ale oceanului.

Variații ale producției organice, așa cum sînt variațiile latitudinale, au fost menționate anterior. Există și alte cauze de variație. J.H.Ryther și C.S.Yentsch (1958) au comparat producția organică din apele din apropierea țărmului (cu adîncime mai mică de 50 m), apele intermediare (adîncime între 100 și 200 m) și din apele de larg (cu adîncime mai mare de 1000 m). Acești autori au ajuns la concluzia că variațiile zilnice ale ritmului de producție din aceste zone sînt similare, dar că în cursul unei perioade de timp mai mari, de exemplu un an, există o diferență considerabilă în privința producției totale (fig. 6.34). În general, producția organică a apelor din apropierea țărmului este mai mare decît în apele intermediare și cele de larg, iar producția din apele intermediare este de obicei mai mare decît în apele din largul oceanului. Explicația cea mai plauzibilă a acestor observații este aceea că apele mai apropiate de țărm sînt mai bogate în substanțe nutritive. Acest factor pare să fie mai important decît faptul că, față de regiunile cu apă adîncă, lumina pătrunde mai puțin în regiunile din apropierea țărmului din cauza turbidi-

tăţii crescute a apelor, valurilor şi aportului riveran. Acţiunea puternică a valurilor aduce în suspensie o parte a sedimentelor de fund, reducînd în acest fel posibilitatea de pătrundere a luminii.

Productivitatea poate fi afectată local de nori. Dacă există un strat masiv de nori, la suprafaţa mării ajunge doar puţină lumină. Productivitatea este influenţată şi de vînt, căci apa agitată reflectă mai multă lumină decît o suprafaţă calmă. Temperatura este, de asemenea, importantă datorită influenţei pe care o exercită asupra grosimii şi adîncimii termoclinei. Dacă termoclina este bine stabilizată, substanţele nutritive nu vor fi readuse din apele mai adînci[31].

Este dificil să se determine cu precizie valoarea medie a producţiei organice. În zonele cu producţie mare, de exemplu Georges Bank, pot să existe pînă la 300 grame de carbon/m^2/an. În alte regiuni, producţia organică poate reprezenta a suta parte din această cantitate (tabelul 6.4). Zonele cu

TABELUL 6.4 MĂSURĂTORI ALE PRODUCTIVITĂŢII ÎN ZONE DIFERITE (după RYTHER, 1963)

Zona	g C/m^2/zi	g C/m^2/an
Ape din largul oceanului	0,05—0,15	18—55*
Zona ecuatorială a Oceanului Pacific	0,50	180*
Zona ecuatorială a Oceanului Indian	0,20—0,25	73—90*
Zone de *upwelling*	0,50—1,00	180—360*
Marea Sargasselor	0,10—0,89	72
Platforma continentală în dreptul New York-ului	0,33 (medie)	120
Fladen Ground, Marea Nordului		57—82
Curentul Kuroshio	0,05—0,10	18—36*
Bazinul Arctic	0,005—0,024	1
Media estimată pentru toate oceanele	0,137	50

* Ciclul sezonier considerat neglijabil; producţia anuală calculată după ritmurile zilnice.

[31] Densitatea apei este un alt factor care afectează productivitatea; fiind un factor direct dependent de salinitate, el influenţează selectiv fitoplanctonul; Michel Angot (1965) face următoarea observaţie: celulele fitoplanctonice mai mari de 5μm sînt foarte sensibile la scăderea densităţii, ceea ce face ca după o ploaie numărul lor să scadă considerabil.

Dimpotrivă, cele mai mici de 5μm sînt rezistente, continuîndu-şi ciclul de dezvoltare. — *D.M.*

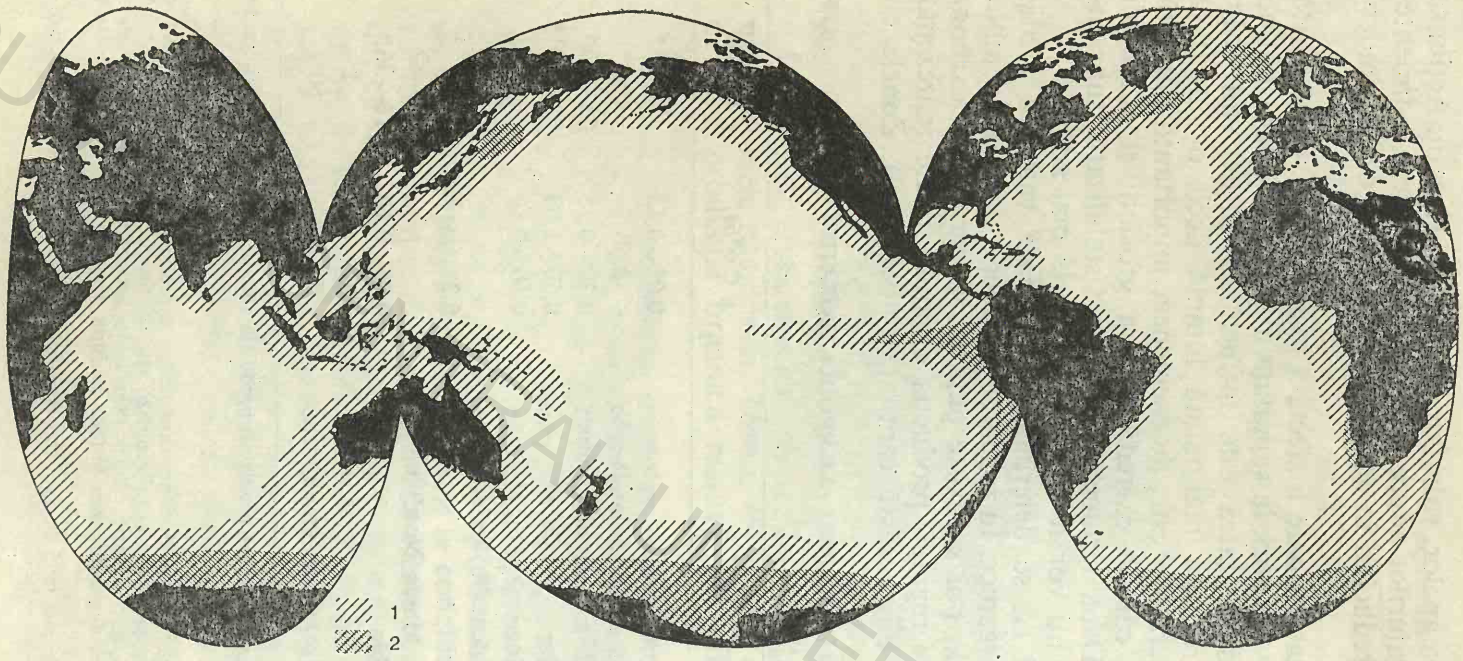


Fig. 6.35 Reprezentarea schematică a productivității probabile a plantelor de pe suprafețele oceanice. Suprafețele nehașurate indică zone cu productivitate scăzută; 1 — productivitate moderată; 2 — foarte productive (După Fye și colab., 1968).

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

productivitate ridicată sînt indicate în figura 6.35. Pentru determinarea masei totale a producției organice trebuie să se ia în considerare grosimea zonei fotice (a cărei valoare poate ajunge pînă la 200 m). Conform anumitor estimări, materialul vegetal viu încorporează anual 20 miliarde tone de carbon.

Păscutul fitoplanctonului. În unele regiuni, scăderea bruscă a populației fitoplanctonului în timpul înfloririlor de primăvară sau de toamnă nu coincide cu reducerea cantității de substanțe nutritive. Deseori, această scădere se datorește consumării fitoplanctonului de către zooplancton. De obicei, în orice regiune există o relație inversă între cantitatea de zooplancton și de fitoplancton. Unii oameni de știință consideră că aceasta se datorește faptului că zooplanctonul tinde să evite aglomerările de fitoplancton. Alții sînt de părere că populația vegetală este menținută la un nivel cantitativ redus datorită activității de hrănire a zooplanctonului. Este probabil că, dintre aceste două alternative, păscutul are efectul cel mai mare. Multe organisme erbivore, cum sînt copepodele, consumă foarte mult fitoplancton. Cea mai mare parte a acestor animale se hrănește prin filtrarea apei cu selectarea fitoplanctonului, în cursul acestui proces putîndu-se reduce rapid o populație vegetală locală. În 1939, R.H. Fleming a arătat cît de important poate fi efectul păscutului. Presupunînd o populație de diatomee de un milion de indivizi care se divid o dată pe zi și un ritm de pășunat al zooplanctonului care ar păstra constantă populația de diatomee, Fleming (tabelul 6.5) a arătat ce s-ar întîmpla dacă

TABELUL 6.5 EFECTUL PĂSCUTULUI DE CĂTRE ZOOPLANCTON ÎNTR-O POPULAȚIE DE FITOPLANCTON (după FLEMING, 1939)

Timpul în zile	Populația	
	Intensitatea păscutului dublată	Intensitatea păscutului crescută de cinci ori
0	1 000 000	1 000 000
1	487 000	62 000
2	237 000	3 900
3	106 000	240
4	56 000	15
5	27 000	< 1

BCU IASI / CENTRUL DE CONSULTARE

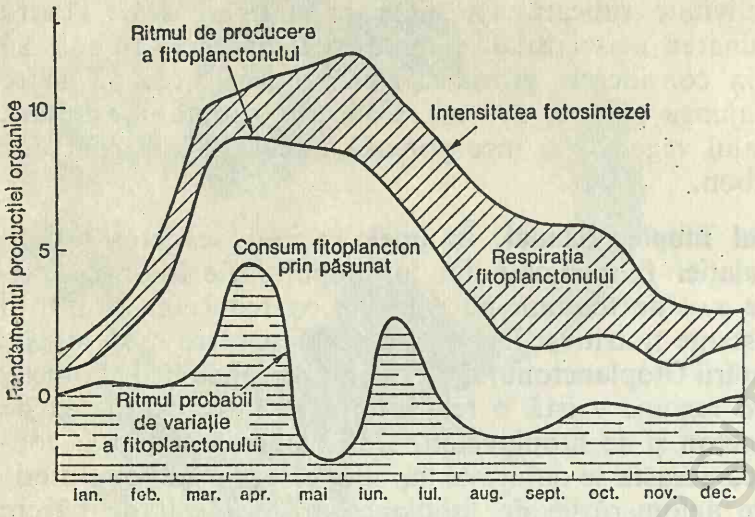


Fig. 6.36 Estimarea raportului dintre producerea şi consumarea carbonului de către plante. Curba superioară exprimă intensitatea fotosintezei. Ritmul de producere a fitoplanctonului este ilustrat de curba din mijloc. Estimarea ritmului probabil de variaţie a fitoplanctonului a fost realizată prin scăderea din producţia fitoplanctonului a cantităţii consumate de zooplancton (După Riley, 1946).

ritmul păscutului s-ar dubla sau ar creşte de cinci ori, în timp ce ritmul de divizare a diatomeelor ar rămîne neschimbat. Din tabelul său se poate observa că populaţia de diatomee ar fi consumată în scurt timp.

Eficienţa zooplanctonului de a captura fitoplancton scade considerabil pe măsură ce se reduce cantitatea fitoplanctonului disponibil, astfel încît întotdeauna există plante care supravieţuiesc. Acest fapt este foarte important deoarece el permite populaţiei de fitoplancton să crească iarăşi, cînd condiţiile devin favorabile.

Producţia de material organic este, de asemenea, redusă chiar de respiraţia fitoplanctonului. G.A.Riley (1946) a studiat efectul respiraţiei şi păscutului asupra ritmului producţiei organice (fig. 6.36). Dacă pot fi estimaţi factori importanţi ca pătrunderea energiei solare, substanţele nutritive şi cantitatea de zooplancton, un astfel de model poate fi utilizat pentru a prognostica populareа unei regiuni.

Animalele din ocean

Studiul animalelor din ocean a fost complicat din cauza dificultăţilor de obţinere a unor probe corespunzătoare.

În ocean, organismele pot să apară într-unul din următoarele trei tipuri de distribuţie: uniformă, întîmplătoare sau grupată (fig. 6.37). Într-o distribuţie uniformă, fiecare organism se află la distanţă egală faţă de vecinii săi; aceasta însă nu este o distribuţie obişnuită. Un exemplu este reprezentat de ofiuride (dintre echinoderme), care trăiesc uneori aşa de aproape încît fiecare dintre braţele lor abia evită contactul cu un vecin. Într-o distribuţie întîmplătoare nu există nici o relaţie evidentă între modul de dispunere a doi indivizi oarecare; această distribuţie este foarte rară în ocean. Cel mai obişnuit tip de distribuţie oceanică este cea grupată, în cadrul căreia animalele sau plantele apar ca aglomerări sau pîlcuri.

Este evident ce dificultăţi de probare există, dacă se ia în considerare că o populaţie de plancton are capacitatea de a efectua mici deplasări pe verticală într-un curent puternic. Cu oarecare şansă, dintr-o astfel de populaţie grupată ar putea fi luate probe utilizînd un fileu planctonic, dar probabilitatea de a reveni la aceeaşi populaţie şi de a obţine altă probă este foarte mică. Dificultăţile sînt şi mai pronunţate cu nectonul, care înoată liber.

Experienţele au arătat că remorcînd două plase similare prin apă, la aceeaşi adîncime, dar la cîţiva metri depărtare, organismele prinse într-o plasă pot să difere mult faţă de cele din cealaltă plasă.

Organismele care trăiesc în ocean trebuie să se adapteze la condiţiile mediului lor. Cele care trăiesc în zona litorală trebuie să suporte marile variaţii de temperatură şi de salinitate care apar în această regiune. Multe animale cu cochilie

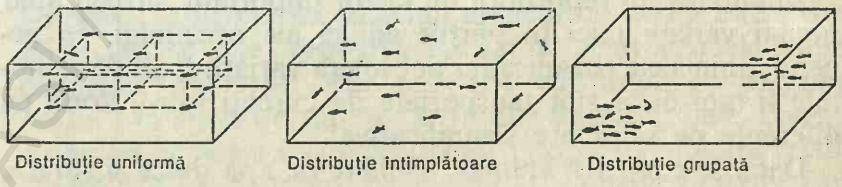


Fig. 6.37 Tipuri de distribuţie a animalelor marine. Cele mai multe organisme tind să fie grupate.

trebuie să fie aplatizate și întărite pentru a rezista loviturii valurilor; balanușii și alte forme similare sînt fixate puternic de fund sau de roci.

În ciuda condițiilor fizice mai dificile, există avantaje ecologice pentru viața din regiunile apropiate de țărm: hrană, oxigen și lumină, care sînt foarte abundente; creșterea plantelor, atît a celor plutitoare cît și a celor fixate, este de obicei intensă, producînd cantități mari de materie organică, suficiente pentru a hrăni populația bentonică și alte populații, fapt demonstrat de altfel de înfloritoarele faune din regiunea litorală.

Deplasîndu-ne mai spre adînc, se pot observa zonări diferite ale organismelor marine. În general, nu sînt încă bine înțelese preferințele animalelor de a locui într-o anumită regiune a oceanului și nu în alta; este evident că factori ca temperatura, modalitățile de hrănire și lumina trebuie să fie foarte importanți în această privință.

Temperatura este importantă din motive diferite de cele menționate mai înainte. De exemplu, ea stabilește limite faunistice în cadrul oceanului care apar pe orizontală, existînd animale tipice pentru regiuni ecuatoriale, temperate sau polare, ca și pe verticală, în adîncime. Totuși, unele forme nectonice se pot deplasa liber dintr-o regiune într-alta. Traseul migrației tonului roșu arată că el poate apărea aproape în toate zonele oceanice (fig. 6.38). Alte animale sînt mai restrînse și își petrec întreaga viață în cadrul unei zone înguste de temperatură. Aceasta se observă mai ales la animalele cu sînge rece, pentru că ele nu au posibilitatea de a-și modifica temperatura internă.

Temperatura afectează și dezvoltarea unor forme de animale. În regiunile calde, peștii tind să se dezvolte mai rapid și să atingă mai repede maturitatea sexuală. În zonele mai reci, peștii au nevoie de mai mult timp să se dezvolte, dar în general cresc mai mari.

Salinitatea nu reprezintă un factor important întrucît apar numai variații mici în părțile adînci ale oceanului. În general, animalele oceanice nu pot tolera variații mari de salinitate și mor dacă sînt tansportate de curenți într-o zonă cu diferențe de salinitate semnificative.

Dacă se compară animale similare de apă dulce și sărată, formele de apă sărată sînt în general mai mari. Motivele nu sînt cunoscute, dar pot fi puse în legătură cu ușurința

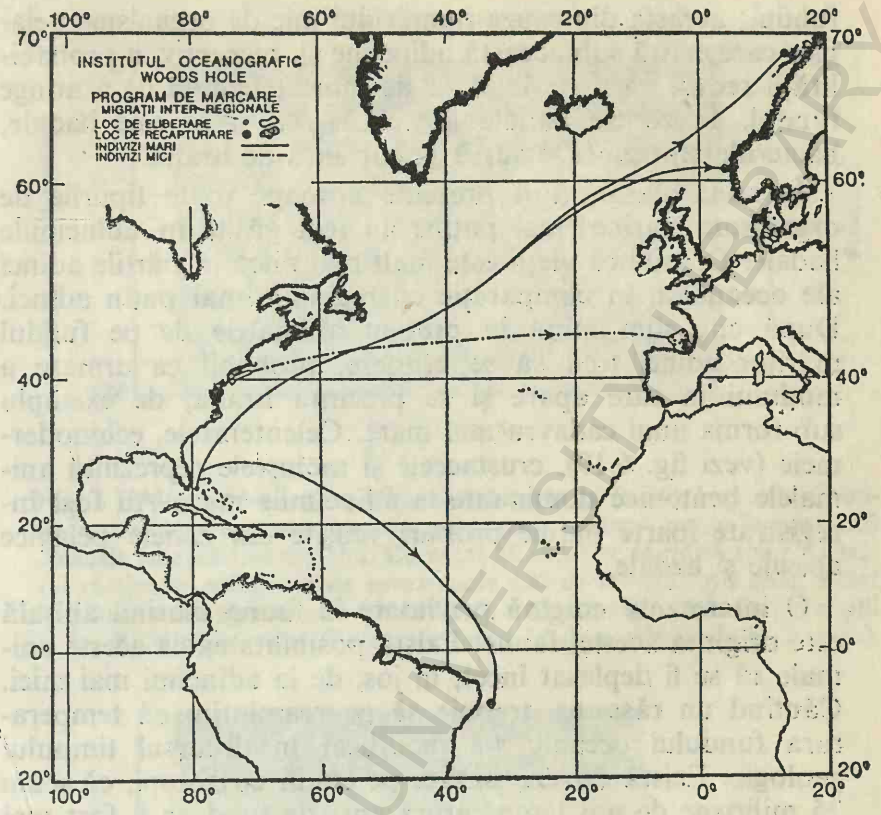


Fig. 6.38 Migrația tonului roșu determinată prin marcarea și capturarea ulterioară a tonului (Figură publicată datorită amabilității lui Frank J. Mather III).

menținerii echilibrului osmotic în apă sărată, sau cu ușurința cu care respiră animalele în apa sărată.

Hrana este, probabil, cel mai important factor al distribuției animalelor în mediul marin. Acesta este, cu siguranță, într-o situație critică în abisurile oceanului, unde cea mai mare parte a hranei trebuie să provină din apele de deasupra. Se crede că în marile adîncimi aportul de hrană este foarte mic, ceea ce este, probabil, adevărat, pentru zonele foarte depărtate de uscat sau regiunile cu producție organică scăzută în apele de suprafață. În alte localități însă, aportul de hrană ar putea fi suficient pentru populația abisală relativ săracă. Orice material, ca plante și animale moarte, care coboară sub adîncimea de 2000 m, are multe șanse să atingă

BCU IAȘI CENTRALA UNIVERSITARĂ

fundul; aceasta din cauza numărului mic de organisme pelagice care există sub această adîncime şi, respectiv, a probabilităţii reduse ca materialul să fie mîncat înainte de a atinge fundul. În zonele batiale şi abisale, ca şi în cele hadale, bacteriile reprezintă o sursă importantă de hrană.

În zona abisală sînt prezente aproape toate tipurile de organisme marine; mai puţine au fost găsite în adîncimile hadale. Densitatea vieţii este mult mai mică în părţile adînci ale oceanului, în comparaţie cu regiunile mai puţin adînci. După cîte ştim, pînă în prezent animalele de pe fundul mărilor adînci tind să se grupeze, probabil ca urmare a modului în care apare şi se prezintă hrana, de exemplu sub forma unui cadavru mai mare. Celenteratele, echinodermele (vezi fig. 6.19), crustaceele şi moluştele reprezintă animalele bentonice dominante la adîncimile mari. Au fost înregistrate foarte puţine probări reuşite din zonele pelagice abisale şi hadale.

O interesantă enigmă privitoare la fauna marină abisală este originea acestei faune. Există posibilitatea ca aceste animale să se fi deplasat încet, în jos, de la adîncimi mai mici. Căutînd un răspuns, trebuie să ne reamintim că temperatura fundului oceanic s-a modificat în decursul timpului geologic. Există dovezi, bazate pe studii cu izotopi, că acum 25 milioane de ani temperatura apei de fund ar fi fost mai ridicată cu 7 sau 8° C. Scăderea temperaturii ar fi putut omorî, chiar de la început, unele forme din adîncimile oceanului, iar altele ar fi rămas. În zona marină adîncă ar fi putut migra noi animale. Această posibilitate mai puţin concludentă ar putea fi verificată din examinarea cochiliilor fosile obţinute prin carotarea şi forarea fundului marin.

Efectul luminii. În ocean lumina constituie un factor foarte important. În general se crede că mările adînci sînt complet întunecate, ceea ce este un adevăr dacă se ia în considerare numai lumina solară. Multe animale marine de adîncime sau chiar unele plante au însă capacitatea de a produce lumină, fenomen numit **bioluminiscenţă.** După cît se pare, acest fenomen, incomplet înţeles, apare în toate părţile oceanului. El poate fi observat pe mare sau de pe plajă, cînd în apă sînt prezente anumite dinoflagelate. Ele pot da o culoare albastră stranie urmei lăsate de o navă sau valurilor brizante.

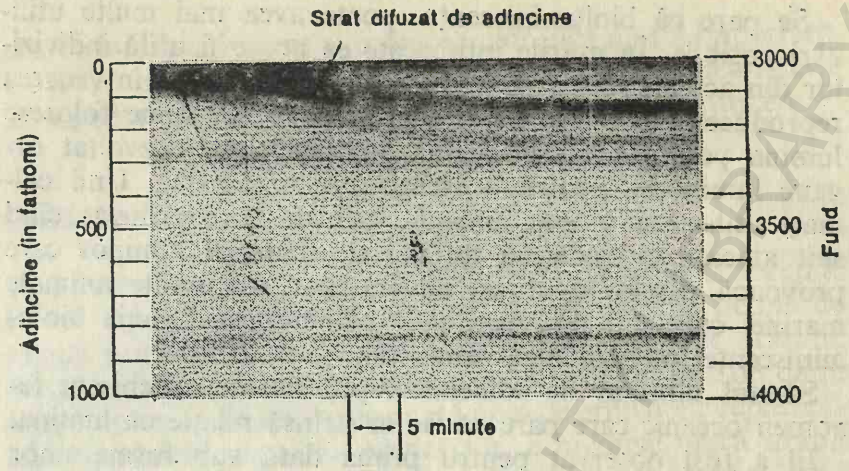


Fig. 6.39 Strat difuzant de adîncime observat în Pacificul de est. Coborîrea stratului (care se poate observa în partea stîngă, sus, a înregistrării) coincide cu răsăritul soarelui. De notat că după ce se ridică soarele, stratul rămîne la adîncimea de aproximativ 150 de fathomi. Alt strat, situat la adîncimea de aproximativ 300 fathomi, a rămas staţionar în timpul nopţii şi la răsăritul soarelui (Fotografie pusă la dispoziţie de R. H. Backus).

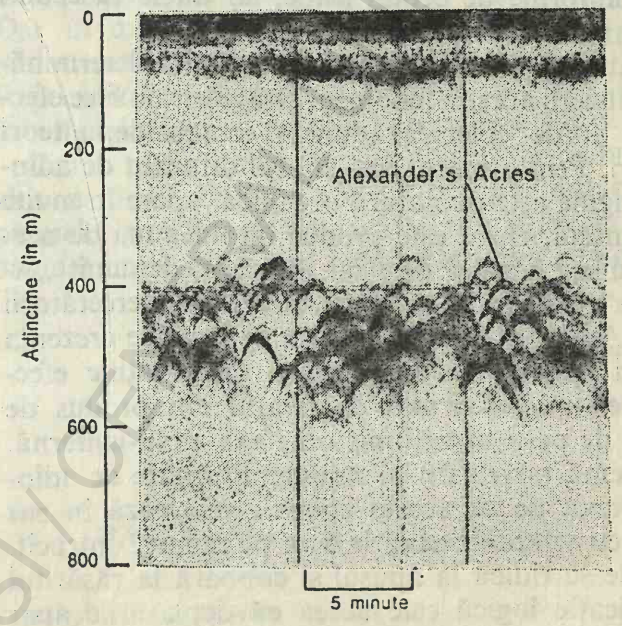


Fig. 6.40 Ecogramă ce ilustrează stratul difuzant de adîncime denumit „Alexander's Acres". De remarcat diferenţa dintre acest strat şi cel din fig. 6.39 (Fotografie pusă la dispoziţie de R. H. Backus).

BCU IASI / CRDP / UNIVERSITY LIBRARY

Se pare că bioluminiscența poate avea mai multe utilizări posibile. În mările întunecate ea poate fi utilă indivizilor din aceeași specie pentru a se repera reciproc în vederea reproducerii. Anumiți pești marini de profunzime folosesc lumina pentru hrănire: aceste animale și-au dezvoltat organe luminoase pentru a atrage alte organisme. Unii calmari utilizează bioluminiscența pentru a se proteja: cînd sînt atacați, ei ejectează un nor de material luminos care provoacă deseori confuzia adversarilor. La multe animale marine, cum sînt dinoflagelatele planctonice, funcția bioluminiscenței nu este încă lămurită.

Stratul difuzant de adîncime reprezintă un interesant fenomen oceanic care pare să fie în strînsă relație cu lumina. El a fost observat pentru prima dată sub forma unor ecouri înregistrate de ecosondele pentru măsurarea adîncimii. În ape cu adîncimea de cîteva sute sau mii de metri se poate remarca o zonă largă de reflexie sonoră, care se ridică spre suprafață cînd se apropie apusul soarelui și coboară la răsăritul soarelui (fig. 6.39). La început, aceasta a fost considerată drept o reflexie a fundului. Unele strate difuzante apar ca benzi uniforme de ecouri slabe, iar altele ca ecouri puternice în formă de U răsturnat.

Cercetătorii au acordat o importanță deosebită determinării cauzelor producerii acestui fenomen. Dragajele cu filee efectuate în aceste strate colectează uneori eufauside, alteori pești sau calmari. Prin urmare, deși stratul difuzant de adîncime, a cărui origine este de natură organică, apare în multe regiuni ale oceanului, el nu este produs întotdeauna de același tip de organism. Un tip de strat difuzant, denumit „Alexander's Acres" (fig. 6.40), a fost observat de cercetătorii de pe „Alvin". Acest tip de strat pare să fie legat de prezența unor aglomerări individuale de animale. Observațiile efectuate din submersibil au arătat că stratul era produs de aglomerări mari de pești numiți mictofizi sau pești-lanternă.

A doua problemă privitoare la stratele difuzante de adîncime este întrebarea de ce aceste animale migrează în sus și în jos, uneori cu viteza de pînă la 5 m pe minut? Întrucît, de obicei, stratele se ridică la apusul și coboară la răsăritul soarelui, o explicație logică este aceea că deplasările apar ca rezultat al acțiunii luminii. Uneori stratele coboară ușor cînd există o lună strălucitoare. Probabil că răspunsul nu este chiar atît de simplu, pentru că și alți factori, ca ritmu-

rile fiziologice interne și hrănirea, pot juca un rol important. Datorită utilizării tot mai frecvente a submersibilelor, este de așteptat să obținem curînd răspunsuri mai complete.

CICLUL TROFIC

Pînă acum ne-am ocupat de diferitele organisme și reacțiile lor la diverșii factori ai mediului. Aici ne vom ocupa de relația fundamentală a mării — ciclul trofic sau de hrănire. Acest ciclu începe cu producerea materiei organice de către fitoplancton, care este consumată apoi de erbivorele reprezentate de zooplancton. La rîndul lor, erbivorele oferă hrană unor forme animale mai evoluate (cum sînt sardelele) care, în cele din urmă, sînt mîncate de predatori mai mari (ca tonul). Această schemă extrem de simplificată este arătată în figura 6.41. Prin această metodă se estimează că 1000 kg de plante reprezintă hrana pentru 100 kg de erbivore care, la rîndul lor, sînt consumate de 10 kg de animale ce se hrănesc prin filtrare, iar acestea, de 1 kg de predatori mai mari. Dar în mare există încă multe alte relații complexe. Un tablou mai complex și mai realist este arătat în figura 6.42. Reprezentarea diagramatică scoate în evidență importanța substanțelor nutritive și a bacteriilor în cadrul ciclului.

Ciclul trofic oceanic este diferit de ciclul terestru, mai ales datorită faptului că în ocean producătorii primari, plantele, trebuie să fie mici și să plutească. Animalele au evoluat după principiul hrănirii cu plante microscopice, con-

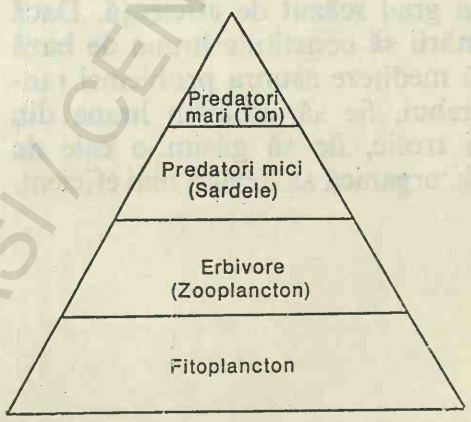


Fig. 6.41 Ilustrare simplificată a diferitelor nivele trofice din ocean.

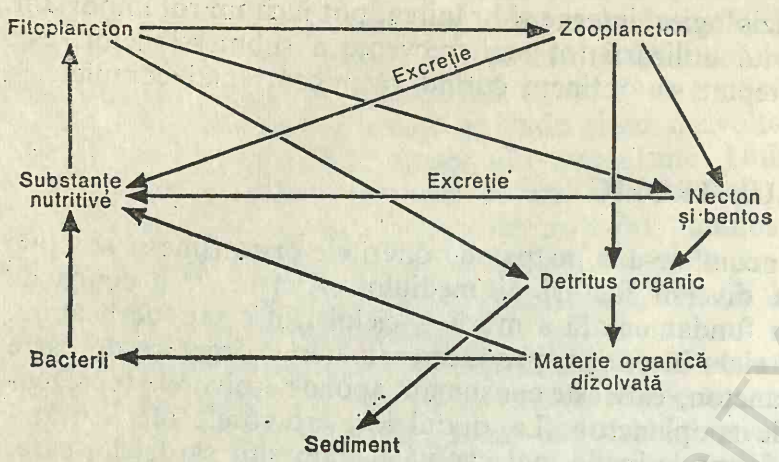


Fig. 6.42 Reprezentare diagramatică a ciclului trofic al oceanului (După Raymont, 1963).

centrînd materia organică. Întrucît plantele sînt atît de numeroase, rezultă că și consumatorii lor trebuie să fie la fel de numeroși.

Pentru a înțelege complet relațiile de hrană dintre plancton, necton și bentos ar trebui să examinăm obiceiurile de hrănire ale tuturor speciilor în parte, problemă prea complicată pentru a fi rezolvată în cadrul acestui volum.

Problema eficienței (1000 kg de fitoplancton produc 100 kg de zooplancton?) este, de asemenea, foarte complexă. Eficiența exactă este variabilă, dar fiecare nouă treaptă a ciclului provoacă o pierdere netă de materie organică. Prin urmare, transferul de materie organică de la fitoplancton la pește se efectuează cu un grad scăzut de eficiență. Dacă omul dorește ca resursele mării să constituie hrana de bază a întregii lumi, el trebuie să mediteze asupra problemei randamentului. Poate că ar trebui, fie să utilizăm hrana din partea inferioară a ciclului trofic, fie să găsim o cale de a face ca transferul de materie organică să devină mai eficient.

BCU IASI UNIVERSITY LIBRARY

7 Oceanografia fizică

INTRODUCERE

ISTORIA OCEANOGRAFIEI FIZICE

OBIECTIVE ACTUALE

CARACTERISTICILE GENERALE ALE OCEANULUI

INTERACȚIUNEA DINTRE ATMOSFERĂ ȘI OCEAN

VALURILE GENERATE DE VÎNT

VALURI INTERNE

VALURI CATASTROFICE

CURENȚI DE TURBIDITATE

SONDAJUL ACUSTIC SUBACVATIC

LUMINA ÎN APA MĂRII

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

INTRODUCERE

Oceanografia fizică îmbină studiul și măsurarea proprietăților fizice ale mării și ale variației lor în timp și spațiu, cu investigarea teoretică a proceselor care controlează starea acestor proprietăți fizice. Primul aspect îl reprezintă, în principal, descrierea distribuției și deplasarea apei marine, iar al doilea aspect este legat de fizica teoretică.

În general, oceanografia fizică constituie un domeniu de cercetare care depinde cel mai puțin de celelalte domenii, dar nu poate fi total separată de acestea. De exemplu, cunoașterea compoziției chimice a apei este importantă pentru determinarea densității acesteia, iar la rîndul lor, variațiile densității influențează curenții de convecție și pe cei de suprafață. Prezența anumitor curenți oceanici a fost determinată, pentru prima dată, cu ajutorul organismelor marine care trăiesc în cadrul lor. Distribuția substanțelor nutritive (și prin urmare zonele de activitate biologică) în ocean este, în parte, controlată de condițiile fizice ale mării. Curenții, atît cei cu efecte catastrofale cum sînt curenții de turbiditate, cît și cei regulați, distribuie sedimente în zona oceanică. Topografia fundului oceanic, care poate fi modificată de curenți, reprezintă unul din factorii care ar putea influența circulația oceanică la scară mare.

ISTORIA OCEANOGRAFIEI FIZICE

Din vremuri îndepărtate, oamenii au fost preocupați de a cunoaște și stabili anumite căi de legătură, pe mare, de la un punct la altul. Printre primele călătorii de cunoaștere a mării se numără și acele întreprinse de fenicieni și greci, care au stabilit, cu cîteva sute de ani înainte de era noastră, anumite linii comerciale în Mediterana și Atlantic. Multe dintre informațiile deținute de primii navigatori au rămas necunoscute, ele fiind considerate, adesea, secrete de stat sau de familie. Imaginea reală asupra dimensiunilor și formei Oceanului Planetar devine cunoscută de-abia în secolele XV și XVI, odată cu călătoriile lui Magellan, Diaz, Columb și, mai tîrziu, ale lui Drake și Cook.

Prima expediție care a avut ca scop măsurarea adîncimilor oceanice a fost cea a lui Clarke Ross, între anii 1839

BCU IAȘI CENTRAL LIBRARY

și 1843. Încercări de cartare a curenților oceanici au fost făcute de Benjamin Franklin și mai tîrziu de Findlay și Maury. Examinînd jurnale de bord ale unui mare număr de nave, Maury a observat corelația care există între curenții oceanici și vînt. Publicarea descoperirilor sale (1855), împreună cu ale lui Findlay (1854) și ale Expediției Challenger de mai tîrziu (1872—1876), a constituit o bază pentru înțelegerea structurii dinamice a oceanului. Expedițiile oceanografice de cercetare, începînd cu cea a vasului german „Meteor" (1925—1927), au înregistrat un salt calitativ trecîndu-se de la preocupări cu caracter general, cu referire la întregul Ocean Planetar, la studii zonale și mai detaliate. Membrii Expediției Meteor au cercetat Oceanul Atlantic de sud, deducînd circulația oceanică de adîncime după măsurătorile efectuate asupra temperaturii și salinității apei. La îmbogățirea cunoștințelor descriptive despre ocean au contribuit și navele britanice „Discovery" și „Discovery II" și, de asemenea, nava americană „Carnegie".

Considerații de ordin teoretic asupra oceanului s-au făcut într-un ritm mai lent decît cele descriptive. În 1942, Sverdrup, Johnson și Fleming au publicat monumentala lor lucrare *Oceanele: fizica, chimia și biologia lor generală*, care a rezumat cea mai mare parte a cunoștințelor acumulate despre ocean pînă la începutul deceniului al patrulea al secolului al XX-lea.

OBIECTIVE ACTUALE

În ultimul timp s-a înregistrat o creștere a volumului de cercetări, acestea fiind îndreptate mai ales spre explicarea cauzelor teoretice privind distribuția variată a diferitelor proprietăți ale apei de mare, modelele circulației, originea valurilor și alte probleme. Descoperirea și utilizarea unor dispozitive sensibile (vezi capitolul 4) permit măsurarea precisă și *in situ* a temperaturii, salinității, curenților și a altor variabile. Progresele realizate în prelucrarea datelor, și mai ales utilizarea calculatoarelor moderne, îngăduie obținerea, în timp scurt, a unor rezultate semnificative, uneori chiar mai înainte ca nava să fi părăsit zona de studiu.

Numeroase probleme, cum ar fi, printre altele, și circulația oceanică la scară largă, sînt rezolvate în mod corespun-

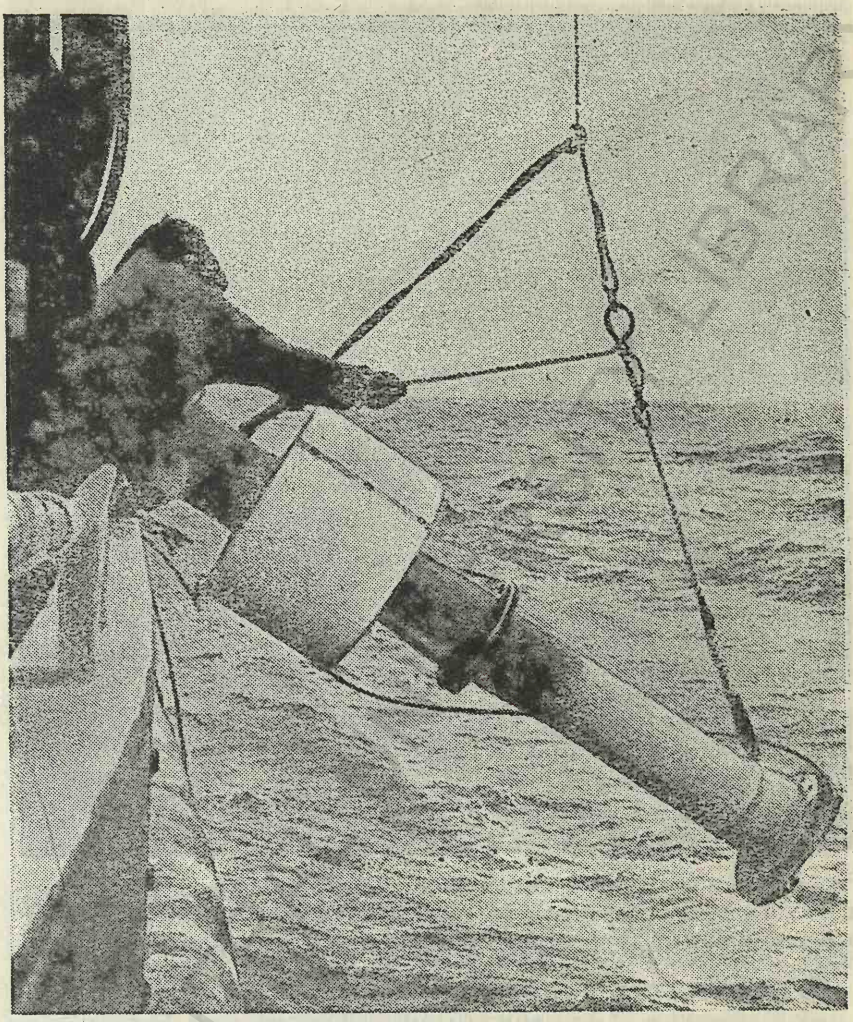


Fig. 7.1 Lansarea de pe o navă de cercetări a unei balize telemetrante. Această baliză este utilizată pentru studiul curenților, datele fiind comunicate navei prin radio (Fotografie pusă la dispoziție de Institutul Oceanografic din Woods Hole)

zător prin măsurători sinoptice (numeroase măsurători efectuate în același timp într-o regiune mare). În trecut, observațiile sinoptice erau efectuate de mai multe nave de suprafață, ceea ce era foarte costisitor; în prezent, prin realizarea de platforme și balize, utilizate în combinație cu avioane, submarine și nave de suprafață, cercetările au devenit mult mai eficiente (fig. 7.1).

BCU IAȘI / OCEANOGRAPHIC LIBRARY

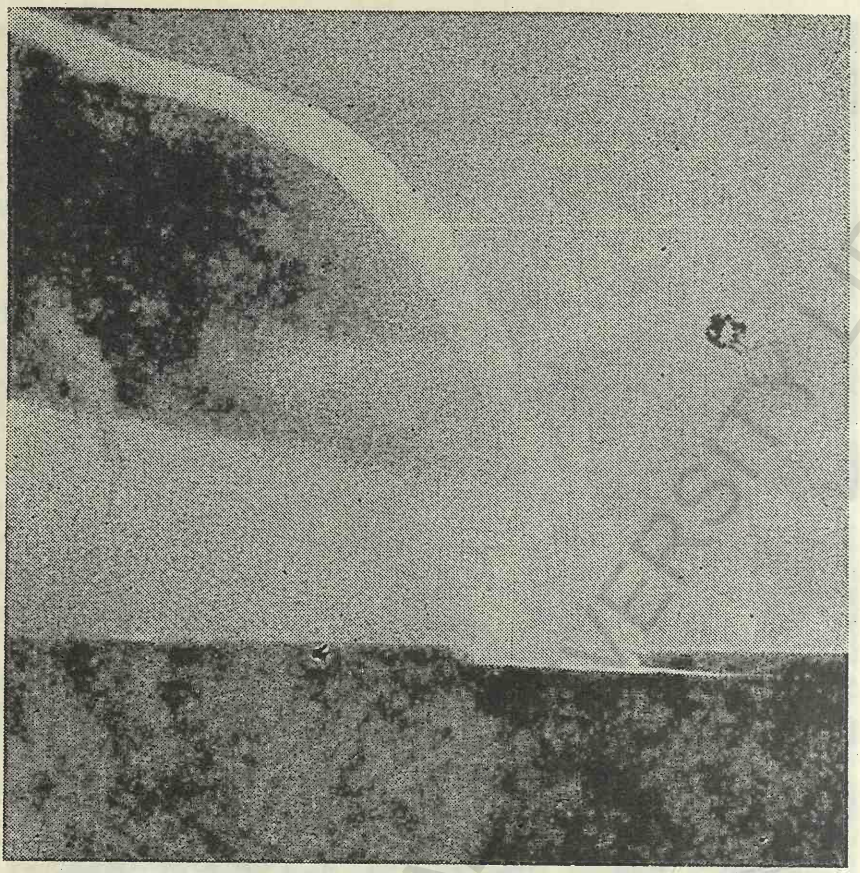


Fig. 7.2 Coloana de apă a unei trombe marine *(waterspout)* (fotografiată în largul insulelor Bahamas), un exemplu excelent al interacțiunii dintre ocean și atmosferă (Fotografie pusă la dispoziție de căpitanul G. Stephen Gwin).

Oceanografii fizicieni sînt preocupați, din ce în ce mai mult, de cercetarea relațiilor reciproce dintre atmosferă și ocean. Interdependența dintre cele două învelișuri este importantă pentru cunoașterea atît a circulației atmosferice, cît și a celei oceanice. Înțelegerea și prevederea timpului oceanic și terestru necesită un studiu mai aprofundat al interrelațiilor aer-mare (fig. 7.2). Astfel de studii pot fi facilitate prin folosirea balizelor (telemetrice) sau a sateliților care pot transmite informații directe în laborator.

Posibilitatea de a prevedea și obține informații asupra unor fenomene ale oceanului este foarte importantă. În

prezent, pot fi prevăzute numai mareele, valurile de suprafață și *tsunamis* (mari valuri oceanice produse de cutremure submarine sau erupții vulcanice). Posibilitatea de a cunoaște caracteristicile stratelor superioare ale oceanului ar fi, de asemenea, necesară și pentru studiile de propagare a sunetului și pentru unele cercetări de biologie submarină.

Pentru oceanograful fizician există și multe alte probleme importante. Efectele negative ale poluării, a cărei importanță a fost recunoscută recent, se resimt deja în adîncurile marine. În apele oceanului sînt măsurate concentrațiile plumbului rezultat din combustibilul utilizat pentru motoarele navelor și izotopi radioactivi eliberați în urma exploziilor și dispozitivelor nucleare. Interacțiunile dintre sedimentele fundului oceanic și fasciculul undelor sonore reflectate de acestea sînt relativ necunoscute, deși prezintă implicații de ordin strategic (deoarece sonarul, pe lîngă faptul că este utilizat în sondarea acustică, este folosit și pentru detectarea submarinelor). De asemenea, puțin studiate sînt și procesele turbulente, de amestec, din ocean; măsurătorile amănunțite efectuate asupra temperaturii și salinității apei au început să evidențieze interesante trăsături micro-structurale ale oceanului.

CARACTERISTICILE GENERALE ALE OCEANULUI

Salinitatea

Salinitatea, temperatura și densitatea reprezintă cele trei proprietăți foarte importante ale apei de mare. Salinitatea este definită prin proporția dintre substanțele minerale dizolvate și apa pură, exprimată, de obicei, în părți de greutate la mia de unități (simbol special $^0/_{00}$), cînd tot bromul și iodul au fost înlocuite cu cantitatea echivalentă de clor, carbonatul a fost convertit în oxid și toată materia organică a fost oxidată. În general, nu se practică analiza fiecărei substanțe minerale care intră în compoziția apei de mare; de obicei este măsurat un singur element legat de salinitate, și anume clorul, care deține procentul cel mai ridicat din cantitatea substanțelor dizolvate. Acest procedeu este posibil datorită faptului că toți componenții principali ai apei de mare se află într-un raport constant unul față de

altul (principiul Forchhammer, vezi pagina 118). În stadiul actual, salinitatea este determinată, mai ales, prin măsurarea conductivității electrice a apei de mare, metodă cu o precizie pînă la $0{,}002‰$.

Salinitatea apelor de suprafață depinde, în principal, de diferența dintre evaporare și precipitații. Alți factori, mai puțin importanți, sînt înghețarea apei (care mărește salinitatea apei deoarece sărurile nu sînt înglobate în gheață), aportul de apă dulce și topirea gheții marine. În zonele cu evaporare intensă, de exemplu Marea Roșie, salinitatea poate urca pînă la $40‰$. În general însă, în cele mai multe regiuni oceanice salinitatea variază între 33 și $37‰$, cu o valoare medie de aproximativ $35‰$. Valorile mai ridicate ale salinității apar în apropierea regiunilor subecuatoriale aride, iar valorile scăzute în regiunile polare.

Distribuția pe verticală a salinității, foarte similară distribuției temperaturii, poate fi caracterizată de trei sau patru zone (fig. 7.3 și 7.4):

1) Zonă de suprafață bine amestecată, cu grosime de 50 la 100 m, a cărei salinitate este în general uniformă.
2) Zonă cu variație relativ mare a salinității, numită haloclină.
3) Zonă cu grosime mare și salinitate relativ uniformă, care se extinde pînă la fundul oceanului.
4) Zonă situată între adîncimile de 600 și 1000 m unde, în unele regiuni, apare un minimum pronunțat de salinitate.

Temperatura

Temperatura este, probabil, variabila oceanografică cea mai des măsurată. De obicei, temperatura este înregistrată cu termometre cu mercur montate pe dispozitivele pentru luarea probelor de apă, ca de exemplu butelia Nansen (fig. 7.5). În general, apa obținută în butelia Nansen este utilizată atît pentru determinarea salinității, cît și pentru măsurarea cantității de oxigen și a substanțelor nutritive. De obicei, la fiecare butelie Nansen sînt atașate două termometre. Cînd buteliile sînt răsturnate de un „mesager", coborît pe cablu, termometrele sînt inversate, ceea ce produce ruperea coloanei de mercur din termometru și determinarea, în acel moment, a temperaturii existente. Unul dintre termometre este protejat împotriva presiunii apei,

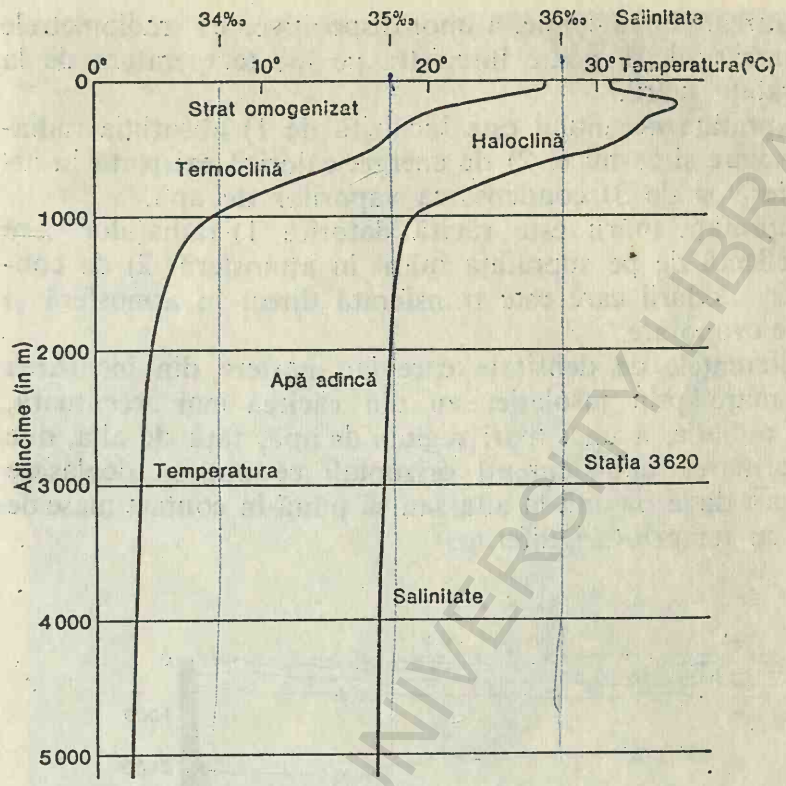


Fig. 7.3 Profile tipice de salinitate și temperatură. Date luate de pe „Discovery II", stația 3620, 24°29′ N, 70°10′ V (După Fuglister, 1960).

pe cînd celălalt este expus presiunii. Înregistrarea efectuată de termometrul expus, sau neprotejat, va fi afectată de presiune, diferența dintre citirile celor două termometre indicînd presiunea.

Lansarea unui mare număr de butelii Nansen (de obicei distanțate la 5 pînă la 400 sau 500 m una de alta), la care sînt atașate termometrele reversibile, constituie o stație hidrografică. Utilizate încă de către membrii primei Expediții Challenger, stațiile hidrografice au permis culegerea numeroaselor informații asupra structurii interne a oceanului.

Prin folosirea termometrelor și a unor dispozitive de transmitere, aparatura realizată în ultima vreme permite înregistrarea continuă a temperaturii. Noile aparate înlesnesc prelucrarea electronică a datelor și citirea lor directă. Prin

utilizarea, din avioane, a unor dispozitive, ca radiometrele cu infraroşii, se poate înregistra pe loc temperatura de la suprafaţa mării.

Suprafaţa oceanului este încălzită de 1) absorbţia radiaţiei solare şi cosmice, 2) de energia calorică existentă în atmosferă şi de 3) condensarea vaporilor de apă.

Suprafaţa mării este răcită datorită 1) radiaţiilor care se reflectă de pe suprafaţa mării în atmosferă, 2) de conducţia căldurii care este transferată direct în atmosferă şi 3) de evaporare.

Diferenţele de densitate care iau naştere din încălzirea mai mare, prin insolaţie, sau din răcirea mai accentuată, prin radiaţie, a unei mari regiuni de apă, faţă de alta, duc la formarea unor curenţi orizontali ce pot să deplaseze căldura de la o zonă la alta sau să pună în contact mase de apă cu temperaturi diferite.

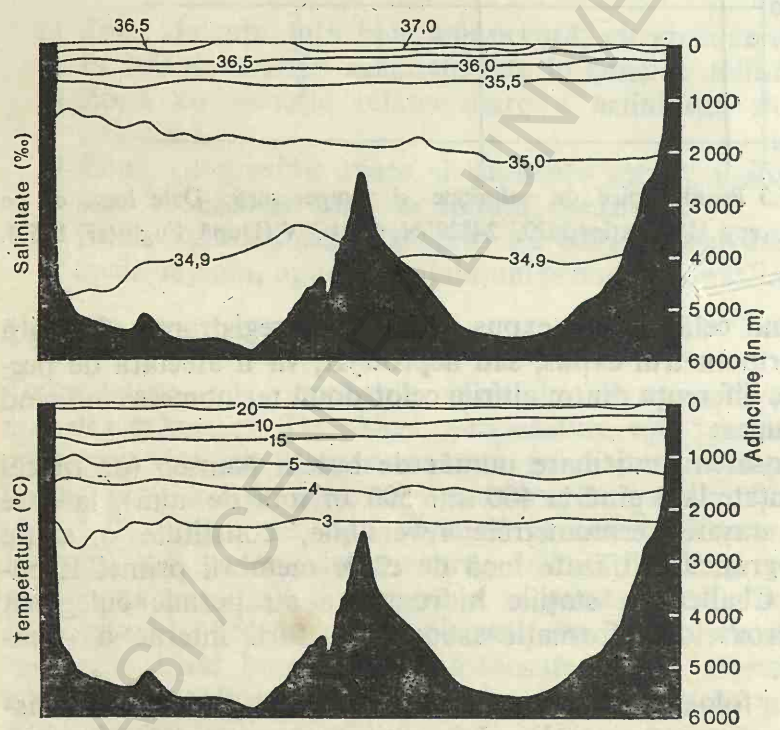


Fig. 7.4 Variaţia salinităţii şi temperaturii într-o secţiune transversală în Atlanticul de nord. Secţiunea este orientată de la vest spre est, aproximativ de-a lungul paralelei de 24°N (După Fuglister, 1960).

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 7.5 Butelie Nansen utilizată într-o stație hidrografică. Mîna stîngă a cercetătorului este pe containerul în care se află cele două termometre reversibile (Fotografie pusă la dispoziție de Institutul Oceanografic Woods Hole).

BCU IAȘI

Temperatura de la suprafață a oceanului este strîns legată de latitudine și anotimpuri. Astfel, la ecuator se primește cea mai mare cantitate de căldură pe unitatea de suprafață și pe întreaga durată a anului, pe cînd la poli (fig. 7.6) există diferențe mari între energia solară primită la cele două solstiții. Distribuția obișnuită a temperaturii în funcție de adîncime (vezi fig. 7.3 și 7.4) este caracterizată prin existența a trei strate:

1) Un strat cald de suprafață bine omogenizat, cu grosime de la 10 pînă la, posibil, 500 m.
2) Un strat de tranziție, sub stratul de suprafață, numit termoclina principală, unde temperatura scade rapid. Stratul de tranziție poate avea grosimea de la 500 la 1000 m.
3) Un strat rece și relativ omogen, a cărui grosime poate atinge cîteva mii de metri, unde temperatura descrește lent către fund.

Termoclina principală este un strat de apă care are un gradient vertical de temperatură mai brusc decît apa de deasupra și de dedesubt. Această termoclină este virtual absentă în regiunile polare, unde cea mai mare parte a suprafeței oceanice este acoperită cu gheață în timpul iernii, iar radiația solară este redusă în timpul verii. În regiuni de tipul celor tropicale, termoclina se ridică aproape de suprafață. Regiunile cu o încălzire sezonieră puternică au, de asemenea, o termoclină temporară sau sezonieră în stratele de la suprafață.

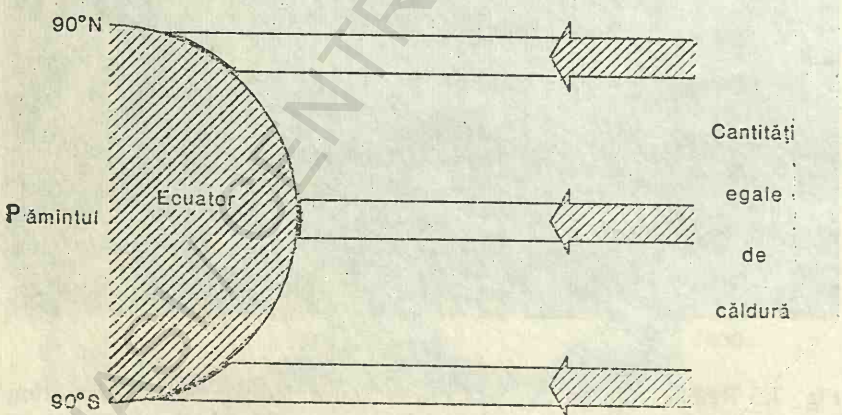


Fig. 7.6 Diferența de căldură primită pe unitatea de suprafață în regiunile polare și ecuatoriale.

În mod obișnuit există o relație foarte strînsă între valorile de temperatură și salinitate de sub termoclină. Această relație poate fi utilizată pentru a defini mase sau tipuri de apă diferite. De asemenea, relațiile temperatură-salinitate pot indica sursa și amestecul maselor de apă. Aceste relații sînt deosebit de importante pentru studiul circulației apelor oceanice de adîncime.

Densitatea

A treia proprietate a oceanului, importantă pentru oceanograful fizician, este densitatea (greutatea sau masa unei unități determinată din volumul său). Densitatea apei de mare, care variază de la aproximativ 1,02 la 1,07 g/cm^3 este determinată de trei factori a căror interacțiune este complexă: salinitate, temperatură și presiune [1]. În general, densitatea crește proporțional cu creșterea salinității, creșterea presiunii sau adîncimii și scăderea temperaturii. Apa mai rece, mai adîncă și mai sărată este de obicei și apa cea mai densă. Densitatea apei de mare poate fi calculată cu precizie dacă se cunosc aceste trei variabile.

Variațiile densității apei sînt determinate de procesele care au loc la suprafața mării ca: evaporarea sau încălzirea. În subcapitolele care urmează vom vedea că circulația adîncă sau termohalină se datorește diferențelor de densitate care există în cadrul Oceanului Planetar.

Datorită forțelor gravitaționale și de plutire există tendința ca apa mai densă să coboare, înlocuind stratul mai puțin dens din adîncime care se ridică la suprafața oceanului. Această deplasare va produce o stratificare stabilă a apei de mare după densitate (densitatea crește odată cu adîncimea). Stratul de apă de la suprafață, de aproximativ 100 m, este influențat de vînturi și valuri și prin urmare este bine amestecat și relativ uniform. Sub acest strat superficial variațiile mari de temperatură (termoclina) și salinitate (haloclina) produc o variație și o creștere corespunzătoare a densității (picnoclina). Sub picnoclină sînt apele adînci și dense ale oceanului.

[1] În ocean presiunea este exprimată în decibari (un decibar reprezintă aproximativ o zecime din presiunea atmosferică normală). Decibarul este aproape egal cu greutatea unei coloane de apă de mare cu înălțimea de un metru care acționează pe o suprafață de un centimetru pătrat. — *N.A.*

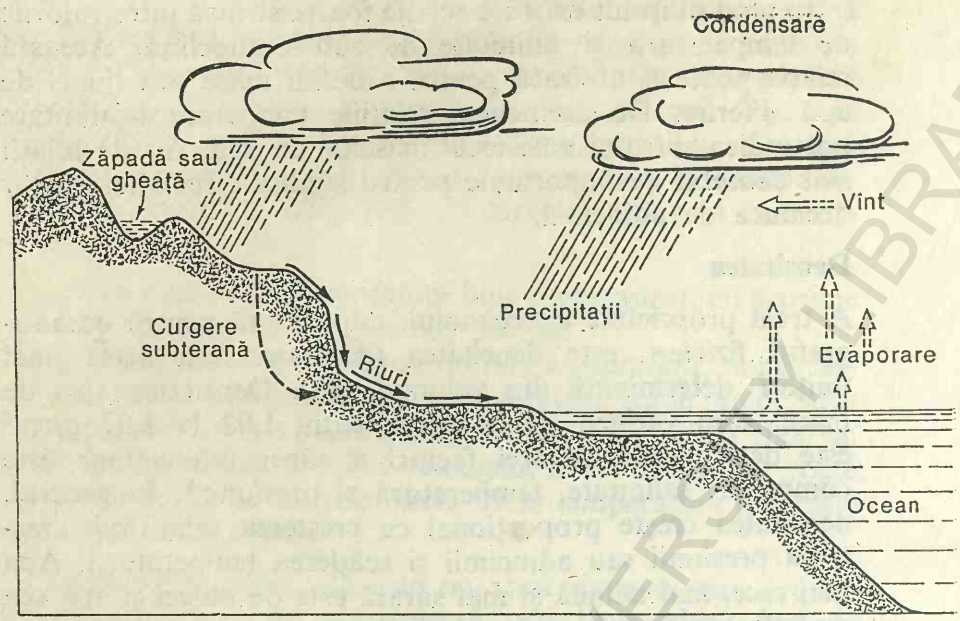


Fig. 7.7 Circuitul apei. Pentru simplificare, nu este ilustrată utilizarea ei biologică, de către plante și animale.

Diferențele mari de densitate care definesc picnoclina stabilă izolează, în mod efectiv, apele de suprafață de apele adînci ale oceanului, cu excepția regiunilor polare. Aici, termoclina, haloclina și picnoclina lipsesc și nu există o stratificare netă după densitate. Absența stratificării permite să se efectueze schimburi între atmosferă și apa adîncă a oceanului (vezi paragraful următor). În general, se consideră că mărirea concentrației în oxigen în apele profunde (vezi fig. 5.11) se datorează, în principal, compoziției atmosferei care există în regiunile polare. După cît se pare, regiunile polare reprezintă sursa apelor adînci ale oceanului.

INTERACȚIUNEA DINTRE ATMOSFERĂ ȘI OCEAN

Interacțiunea între atmosferă și ocean este complexă și în multe cazuri este dificil de stabilit cauza și efectul. Circulația apei oceanice depinde, mai ales, de doi factori atmosferici și anume: vîntul și încălzirea de la suprafața oceanului.

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Apa mării poate înmagazina o cantitate de căldură mult mai mare decît atmosfera sau uscatul, la ecuator fiind absorbită mai multă căldură pe unitatea de suprafață decît la poli (fig. 7.6). Prin convecție sau deplasarea apei, căldura este transferată în regiunile mai reci ale oceanului. Capacitatea oceanului de înmagazinare a căldurii este foarte importantă pentru modificarea și influențarea climatului continental. Această influență poate fi observată pe coastele vestice ale uscatului situat la latitudini intermediare, cum sînt cele ale Californiei și Marii Britanii, unde vînturile dominante care suflă spre țărm transportă aer cald dinspre mare spre uscat.

În zona oceanică, energia maselor de aer în mișcare generează valuri, amestecă apele din stratul superficial și îndepărtează vaporii de apă de la suprafața mării. Prin evaporarea de pe marile întinderi de ocean, vaporii de apă ajung în atmosferă, unde trec prin anumite schimbări, fiind, eventual, transferați și pe uscat sub formă de precipitații. Acest ciclu, numit circuitul apei (fig. 7.7), este completat cînd apa revine înapoi în ocean.

În apropierea țărmurilor, masa de aer în mișcare împinge apele de suprafață spre larg, locul acestora fiind luat de apele din adîncime, mai reci și bogate în substanțe nutritive. Furnizînd substanțe nutritive apelor de suprafață, acest *upwelling* poate determina existența unor zone bogate de pescuit.

Interacțiunea dintre atmosferă și ocean produce două tipuri principale de circulație: circulația activată de vînt și circulația termohalină sau de densitate. Circulația produsă de vînt este mai puternică decît circulația de densitate, dar efectul său major este restrîns numai la cei 1000 m de la partea superioară a oceanului. Pe de altă parte, circulația termohalină este o circulație a apelor adînci.

Circulația activată de vînt

Ca și oceanul, atmosfera primește în regiunile ecuatoriale o mai mare cantitate de radiații solare pe unitatea de suprafață, față de regiunile polare. Bilanțul caloric al pămîntului este menținut datorită deplasărilor maselor de aer care au loc în atmosferă, căldura fiind transferată spre latitudinile mari. Dacă Pămîntul nu s-ar roti în jurul axei sale, probabil că între ecuator și poli ar exista o circulație simplă (fig. 7.8).

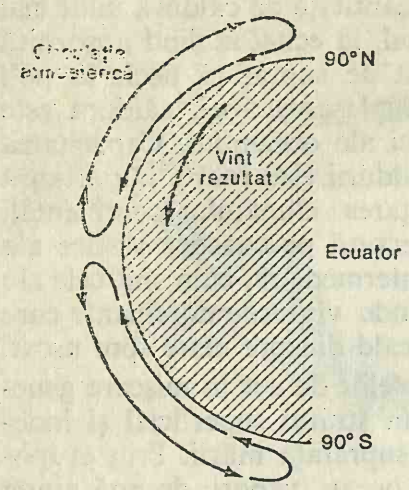


Fig. 7.8 Circulaţia atmosferică posibilă şi vînturile rezultante, în cazul unui glob terestru fără mişcare de rotaţie.

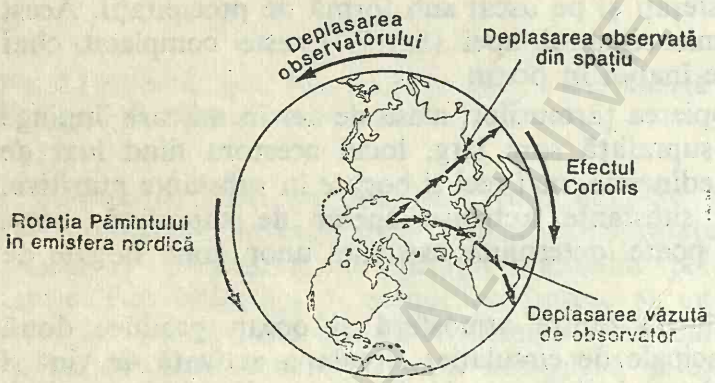


Fig. 7.9 Efectul Coriolis, datorat rotaţiei terestre.

La ecuator aerul este mai cald, se dilată şi se ridică, iar din cauza expansiunii sale creează o regiune de joasă presiune. Aerul mai rece de la nord şi de la sud de această zonă se va deplasa către zona cu joasă presiune de la ecuator, care, la rîndul său, se va încălzi, dilata şi ridica în atmosferă. La poli, aerul este răcit, se contractă şi coboară, creînd o zonă de presiune înaltă. Aerul polar se deplasează către ecuator (de la presiune înaltă către presiune joasă), generînd în emisfera nordică un vînt constant dinspre nord.

Acest model teoretic de circulaţie simplă a maselor de aer, unicelulară, trebuie dezvoltat într-un model mai complex, tri-celular, căci deplasarea aerului va suferi o deviere apa-

rentă datorată mişcării de rotaţie a Pămîntului. Datorită însă acestei mişcări, ia naştere o altă forţă cunoscută sub denumirea de **forţa Coriolis** (fig. 7.9), a cărei acţiune face ca aerul să se deplaseze spre dreapta, de la direcţia sa de mişcare, în emisfera nordică, şi spre stînga în emisfera sudică. Astfel, în loc ca vîntul să bată în linie dreaptă de-a lungul gradientului baric (de presiune), de la presiune înaltă la presiune joasă, el se va abate după o traiectorie curbă. În emisfera nordică, în cadrul modelului tri-celular, aerul cald, ascendent, de la ecuator, se deplasează către pol. Depărtîndu-se de zona cu joasă presiune, aerul în mişcare este deviat către dreapta, se răceşte, ajungînd să coboare aproximativ pînă la latitudinea de 30°N. O parte din aceste mase de aer îşi completează traseul circular îndreptîndu-se spre sud, către ecuator, iar cealaltă parte continuă să se deplaseze spre nord, către pol. Masa de aer care se îndreaptă spre pol este încălzită şi deviată din nou spre dreapta, formînd altă celulă de presiune. Din regiunea polară, aerul rece coboară şi se îndreaptă spre sud pînă la aproximativ 60° latitudine nordică, unde încălzindu-se suficient, se ridică din nou. Vînturile care rezultă şi celulele de presiune ridicată sînt ilustrate în fig. 7.10. Regiunile de ridicare şi de

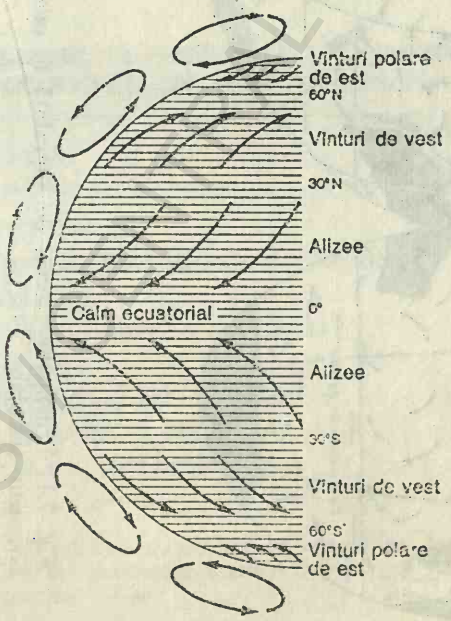


Fig. 7.10 Circulaţia atmosferică şi vînturile rezultante.

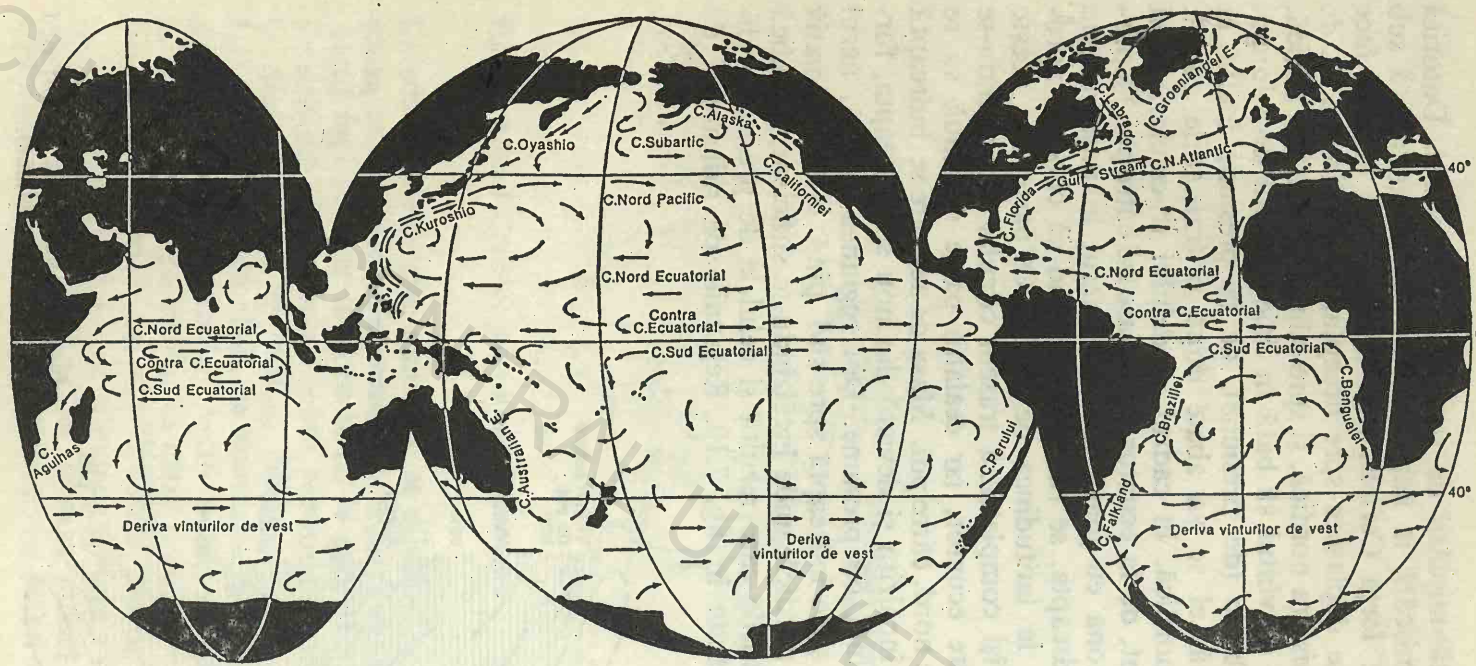


Fig. 7.11 Principalii curenţi de suprafaţă ai oceanului. Pentru Oceanul Indian sînt prezentate condiţii de iarnă (După Sverdrup şi colab., 1942).

coborîre a aerului corespund, în general, cu calmurile ecuatoriale, între 5°S și 5°N și centrele de calm dintre alizee și vînturile vestice, pînă la aproximativ 30° latitudine nordică și sudică. În general, masele de aer care se deplasează de-a lungul suprafeței pămîntului produc vînturi uniforme și cu direcție constantă, cum sînt vînturile de vest [2] și alizeele.

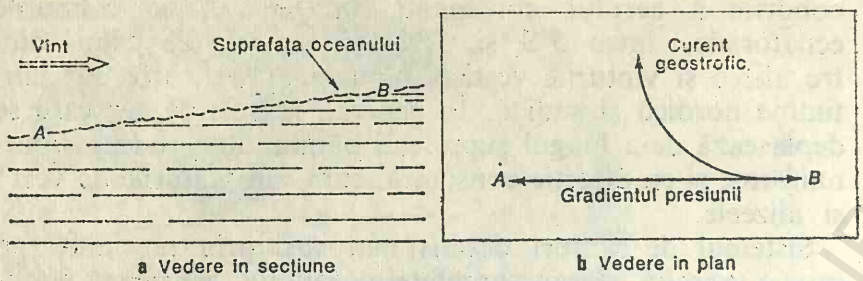
Sistemul de vînturi descris mai sus, prin presiunea pe care o exercită asupra suprafeței oceanului generează circulația oceanică (fig. 7.11). Zona alizeelor este marcată de curenții ecuatoriali, comuni tuturor oceanelor. În regiunile vestice ale oceanelor Atlantic și Pacific, la latitudini joase, curenții ecuatoriali se lovesc de coaste fiind deviați spre nord și sud. Acești curenți oceanici, ambii cu direcție către vest, care contribuie la ridicarea temperaturilor medii ale țărmurilor respective, sînt printre cei mai mari și mai puternici (Gulf Stream-ul, Kurosiho, Curentul Braziliei). Gulf Stream-ul, de exemplu (tabelul 7.1), transportă un volum de apă de 100 de ori mai mare decît debitul tuturor rîurilor din lume luat la un loc. Curenții oceanici de la limita vestică sînt datorați în mare măsură variației forței Coriolis cu latitudinea. Sub acțiunea Derivei vînturilor de vest, curenții traversează oceanul și dau naștere la curenți care curg înapoi în zona ecuatorială, completînd astfel o amplă miș-

TABELUL 7.1 VITEZA ȘI TRANSPORTUL UNORA DINTRE CURENȚII OCEANICI MAJORI (După WARREN, 1966)

Curentul	Viteza maximă cm/sec	Transportul (m^3/sec)
Gulf Stream	200—300	100×10^6
Curentul Nord-Ecuatorial (Pacific)	20	45×10^6
Kuroshio	>200	50×10^6
Curentul submarin ecuatorial	100—150	40×10^6
Brazilian	—	10×10^6
Circumpolar antarctic (Deriva vînturilor de vest)	—	100×10^6
Peru sau Humboldt	—	20×10^6

[2] Pentru un meteorolog un vînt de vest înseamnă vîntul care suflă dinspre vest. Cînd un oceanograf se referă la un curent vestic el înțelege că acesta se deplasează spre vest. —*N.A.*

BCU IAȘI CENTRAL LIBRARY



a Vedere în secțiune b Vedere în plan

Fig. 7.12 a) Suprafață marină înclinată produsă de vîntul care suflă asupra mării; b) Gradientul presiunii și curentul geostrofic rezultant (pentru emisfera nordică) în situația ilustrată în *a*.

care giratorie. La aceste mișcări circulare se adaugă vîrtejurile care apar în jurul zonelor anticiclonice subtropicale ale Pacificului, Atlanticului și Oceanului Indian. Curenții ecuatoriali de nord și sud sînt separați de un Contracurent ecuatorial care se deplasează spre est. În nordul Oceanului Indian apare o mișcare giratorie similară, dar care își schimbă direcția o dată la șase luni. Schimbarea direcției este datorată inversărilor bi-anuale ale circulației atmosferice, numite **musoni**. În regiunile subpolare nordice ale oceanelor Atlantic și Pacific se formează două centre de circulație în sens invers mișcării acelor de ceasornic. Regiunea antarctică reprezintă o schemă relativ simplă, probabil și datorită faptului că nu există bariere de uscat care să împiedice deplasarea apei și să creeze un curent girator. Prin urmare, Curentul circumpolar antarctic efectuează o deplasare continuă sub acțiunea vînturilor de vest, înconjurînd continentul antarctic.

Circulația oceanică activată de vînt este cauzată de diferențe ale presiunii apei. Aceste diferențe iau naștere ca rezultat al variației densității mării și al schimbărilor de pantă ale suprafeței mării sub influența vîntului. Masele de aer în mișcare pe suprafața apei determină deplasarea apei și acumularea sa (ridicarea nivelului) în direcția spre care se îndreaptă (fig. 7.12 a). În acest mod se creează o diferență de presiune între regiunile cu latitudine mică și cele cu latitudine mare (presiunea este mai mare acolo unde se acumulează apa). Diferența de presiune generează o forță care tinde să împingă înapoi suprafața apei deplasate, către regiunea cu presiune mai scăzută. Cu alte cuvinte, apa are tendința să se deplaseze pe pantă în jos. Datorită

însă forței Coriolis, curentul de apă care se deplasează va fi deviat spre dreapta de la direcția sa inițială în emisfera nordică. Dacă forța Coriolis ajunge repede în echilibru cu gradientul de presiune, se creează un curent care poartă numele de **curent geostrofic**. Cunoscînd distribuția orizontală și verticală a densității apei, oceanografii pot calcula curentul geostrofic. Densitatea este determinată după date furnizate de măsurători exacte ale temperaturii și salinității. În general, datele de calcul ale curenților corespund cu măsurătorile de curenți.

Cea mai mare parte a curenților oceanici de suprafață sînt geostrofici; anumiți curenți descoperiți însă în ultimul timp sînt numai în parte geostrofici. Deseori, aceștia sînt numiți curenți submarini. Unul dintre aceștia, Curentul submarin ecuatorial din Pacific, curge pe linia imaginară a ecuatorului, de la vest către est, la 100 m sau mai mult sub suprafața oceanului. Acest curent, numit și Curentul Cromwell, are 300 km lărgime, numai cîteva sute de metri grosime și atinge viteze pînă la 3 noduri (150 cm/sec). În mod obișnuit, curenții submarini se deplasează în direcție opusă față de curentul de suprafață. Originea curenților submarini și relațiile lor cu stratul de apă de deasupra nu sînt încă lămurite.

Acțiunea vîntului asupra suprafeței mării produce nu numai deplasarea orizontală a apei, ci și deplasarea sa pe verticală. *Upwelling*-ul sau deplasarea ascendentă a apei se poate produce cînd vîntul dominant are direcția paralelă cu linia țărmului. Datorită forței Coriolis, în cele mai multe cazuri, apa se va deplasa spre larg (fig. 7.13 a), iar apele din adîncime vor fi aduse la suprafață. Dacă aceste ape mai adînci sînt bogate în substanțe nutritive, se poate forma o zonă cu productivitate biologică mare. Dacă apa se deplasează spre uscat, apa de suprafață se poate afunda datorită unui proces esențial similar (fig. 7.13 b).

Circulația termohalină

Circulația termohalină, în general un proces de apă adîncă, este generată, în principal, de variațiile densității apei. De cele mai multe ori, diferențele de densitate care determină această circulație apar la interfața apă-aer. Prin urmare, sistemele circulației oceanice generate de vînt și sistemele circulației termohaline sînt legate între ele.

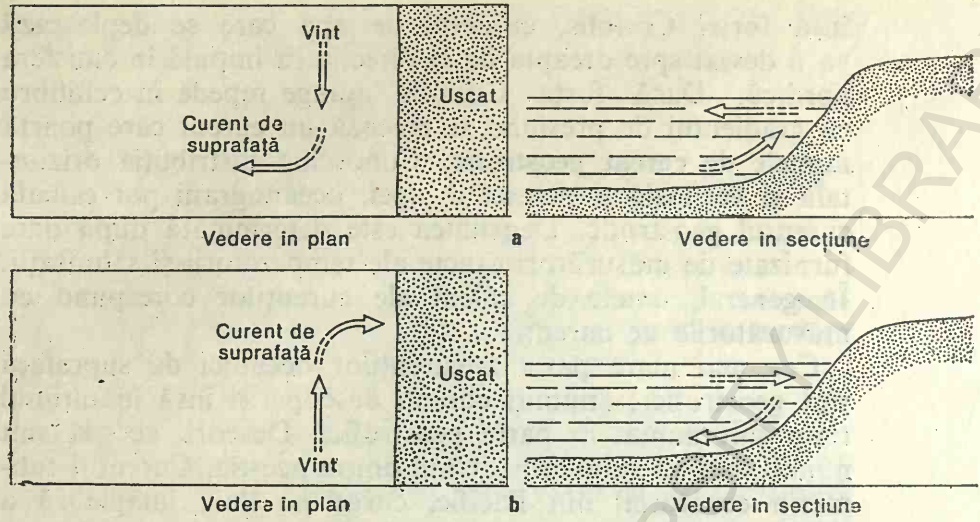


Fig. 7.13 a) *Upwelling* sau ascensiunea apelor de fund datorată vînturilor din apropierea țărmului; b) Deplasarea descendentă a apelor de suprafață datorată vînturilor din apropierea țărmului.

Datorită faptului că circulația este foarte lentă este dificil să se facă observații directe de pe navele de la suprafață asupra circulației termohaline a apelor adînci. Măsurătorile cu carbon radioactiv (vezi pag. 152) indică pentru curenții din Oceanul Pacific viteze de fracțiuni de centimetru pe secundă și viteze ceva mai mari, în Atlantic. Există alte date care sugerează că acești curenți sînt mai puternici, probabil pînă la 10 sau 20 cm pe secundă. Cea mai mare parte a informațiilor privitoare la circulația termohalină provin din măsurătorile de adîncime ale temperaturii, salinității și oxigenului dizolvat. Măsurînd temperatura și salinitatea de fund a Atlanticului de sud, în cursul Expediției Meteor, Wüst a putut să deducă circulația de fund din această parte a oceanului. În figura 7.14 este schițată o parte a circulației profunde a Atlanticului.

Circulația termohalină este în esență un proces de convecție în cadrul căruia apa densă și rece de la suprafață, formată la latitudini înalte, coboară și se deplasează lent către ecuator. Se pare că apa din adîncime, în cea mai mare parte a ei s-a format sau și-a însușit proprietățile în două locuri: în regiunea Mării Norvegiei și în mările antarctice.

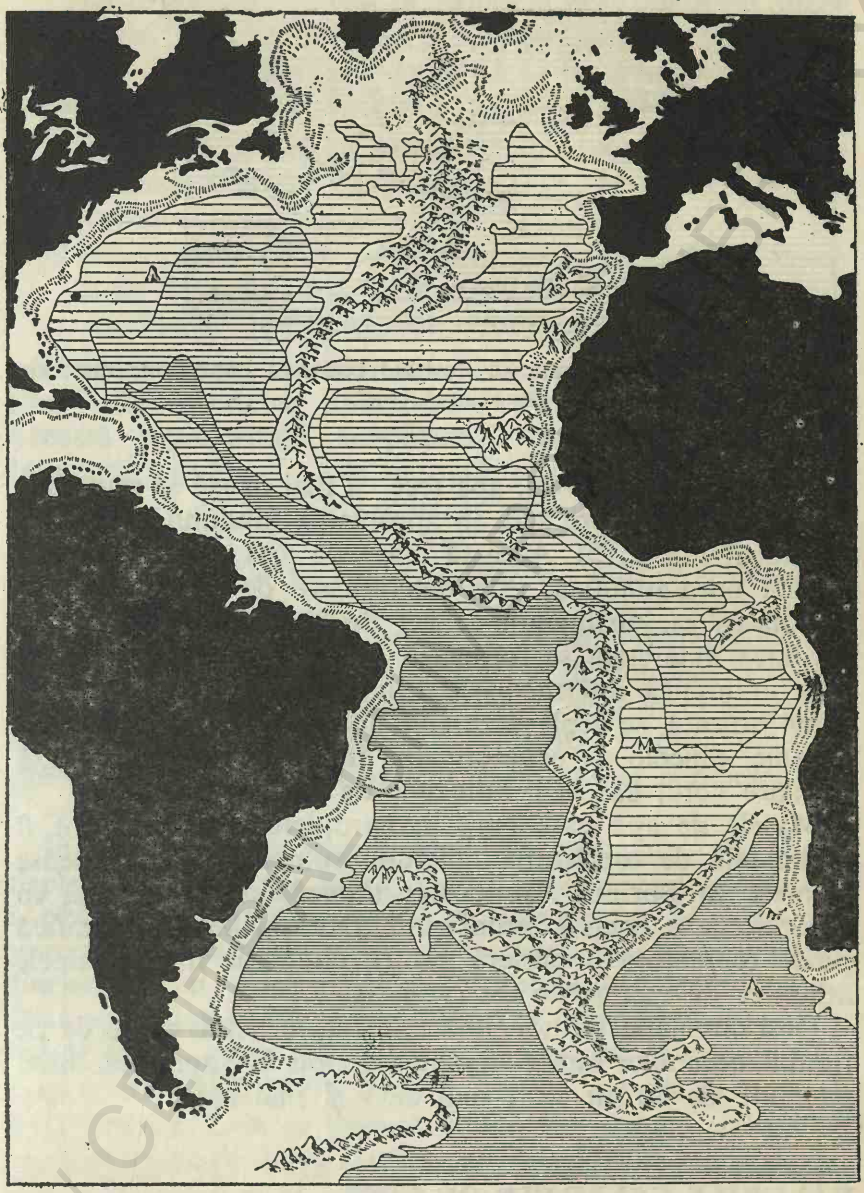


Fig. 7.14 Circulația de adîncime, la 12 000 ft, a apei antarctice de fund. Prin coborîrea nivelului mării la această adîncime, Dorsala Medio-Atlantică, un lanț muntos, ar canaliza curgerea apei de fund spre vest, pînă cînd găsește un loc de trecere la ecuator. Hașurile orizontale dese indică apa pură de fund, înainte de diluarea sa gradată (După Stommel, 1955).

BCU IASI / CENTRUL DE CERCETARE

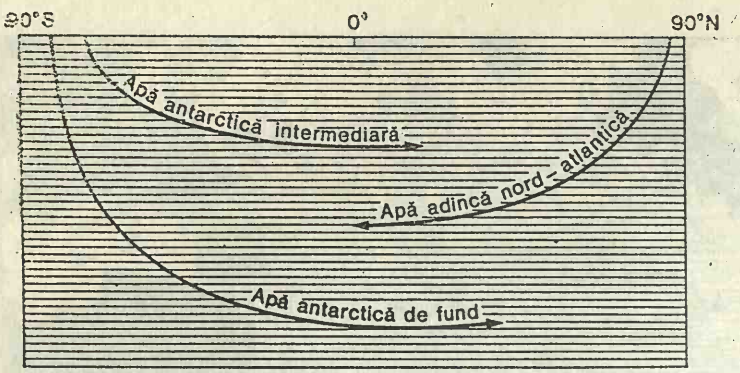


Fig. 7.15 Secțiune diagramatică ilustrînd cele mai importante mase de apă de profunzime din Oceanul Atlantic.

În Atlanticul de nord, apa rece și mai densă se scufundă și se deplasează spre sud, în apropierea fundului traversînd ecuatorul (fig. 7.15). Această masă de apă, denumită Apă adîncă nord-atlantică, este determinată de temperatura și salinitatea sa, distingîndu-se net de alte mase de apă. În regiunea antarctică se formează Apa antarctică de fund și Apa antarctică intermediară. Prima, definită printr-o densitate ridicată, se deplasează spre nord, de-a lungul fundului oceanic, dincolo de ecuator. Apa intermediară se dirijează tot spre nord, dar la o adîncime de aproximativ 1 km.

Masele de apă care curg în apropierea fundului pot fi influențate de topografia reliefului submarin. Apele dense formate în Bazinul Arctic sînt împiedicate să ajungă în Atlantic de o creastă submarină. Dorsala Medio-Atlantică poate reprezenta o barieră pentru circulație între bazinele atlantice de vest și de est (vezi fig. 7.14).

Deși circulația termohalină este foarte lentă, apele de pe fundul oceanului ajung treptat din nou la suprafață, fiind înlocuite de un alt strat mai dens și mai rece.

VALURILE GENERATE DE VÎNT

Originea valurilor generate de vînt

Valurile oceanice produse și întreținute de acțiunea vîntului pe suprafața apei constituie numai unul dintre cele cîteva tipuri de valuri care există în ocean.

BCU Cluj / Central University Library

Valurile generate de vînt se formează prin transferul direct al energiei maselor de aer în mișcare pe suprafața mării. Modul în care se efectuează acest transfer nu este pe deplin lămurit, dar pare să fie influențat de două mecanisme:

1) Deasupra profilului valului vîntul este deviat, ceea ce creează diferențe de presiune care pot furniza energie valurilor.
2) Fluctuațiile de presiune care se deplasează ar putea intra în rezonanță cu apa, formînd valuri în timpul condițiilor turbulente de vînt.

Pentru a ușura discutarea valurilor, utilizăm o terminologie simplă în descrierea formei unui val ideal (fig. 7.16). În această reprezentare simplificată, **lungimea de undă** sau lungimea valului, L, este definită prin distanța orizontală dintre două creste (sau două depresiuni succesive de pe profilul valului) măsurată paralel cu direcția de deplasare a valului. *Perioada valului*, T, reprezintă intervalul de timp, măsurat în secunde, în care cele două creste succesive de val trec prin dreptul unui punct fix. H este înălțimea valului măsurată pe verticală între creasta și depresiunea valului. Adîncimea apei este indicată în figură prin litera h. *Viteza valului*, sau distanța parcursă de creasta valului, este reprezentată de lungimea valului raportată la perioadă, sau $C = L/T$.

În apa adîncă avansează numai forma valului, apa însăși deplasîndu-se înainte foarte puțin. Desigur că toată lumea a observat o mișcare ritmică de coborîre și de ridicare a unui mic obiect plutitor sau a unei bărci la trecerea valului. Forma valului se transmite pe orizontală de-a lungul suprafeței apei, dar obiectul sau barca se deplasează numai în sus și în jos, practic fără nici o mișcare pe orizontală (așa cum se ilustrează în fig. 7.16 cu diferite numere de poziție). Prin urmare, cînd se discută deplasarea valului trebuie să se facă distincție între propagarea formei valului și deplasarea particulelor de apă.

Cînd valurile se formează în apă adîncă, particulele de apă de la suprafață execută o mișcare circulară. Diametrul cercului vertical (orbită) descrește rapid cu adîncimea apei; de exemplu, la $h = L/4$ (adîncimea egală cu un sfert din lungimea de undă), diametrul se reduce la aproximativ

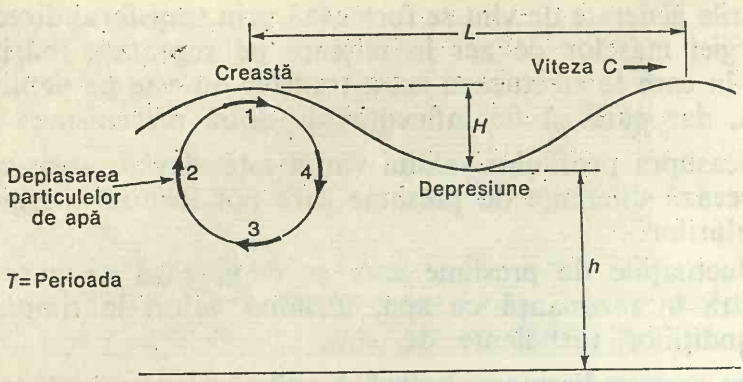


Fig. 7.16 Schița caracteristicilor importante ale valurilor și a deplasării particulelor de apă.

o cincime din forma originală, iar deplasarea apei se face mai mult înainte și înapoi decît în mișcare circulară. De asemenea, viteza particulelor de apă descrește rapid cu adîncimea (tabelul 7.2). Valurile a căror perioadă este de 10 secunde sau mai puțin produc o deplasare neglijabilă la adîncimi mai mari de 100 m. Din tabelul 7.2 reiese creșterea lungimii și vitezei valurilor cu perioade mai lungi, ca și faptul că valurile cele mai înalte nu sînt neapărat cele cu perioada sau lungimea cea mai mare.

TABELUL 7.2 VITEZELE PARTICULELOR DE APĂ LA ADÎNCIMI VARIABILE ÎN CAZUL VALURILOR DE SUPRAFAȚĂ CU DIFERITE PERIOADE (după SVERDRUP, JOHNSON și FLEMING, 1942)

Caracteristicile valurilor				Viteza particulei (cm/sec) la adîncimea menționată		
Perioada (sec)	Viteza (cm/sec)	Lungimea (m)	Înălțimea (m)	0 m	20 m	1000 m
2	312	6	0,25	39	0,0	0,0
4	624	25	1,0	79	0,5	0,0
6	937	56	2,0	105	11,3	0,0
8	1249	100	5,0	196	55,6	0,4
10	1561	156	7,0	220	99,0	4,2
12	1873	225	10,0	211	114,0	12,9
14	2185	306	12,0	273	180,0	35,0
16	2498	396	10,0	197	143,0	40,6
18	2810	506	8,0	140	109,0	40,5
20	3122	624	5,0	78	63,0	28,4

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Înălțimea și perioada valurilor generate de vînt depind de trei factori: 1) viteza vîntului; 2) durata sau timpul de acțiune a vîntului; 3) priza (**fetch**) sau întinderea zonei marine asupra căreia acționează masele de aer în mișcare. Efectul absolut al acestor factori nu este suficient lămurit, dar există unele relații care sînt cunoscute. În general, adîncimea și lungimea de undă a valului cresc pînă la un maximum generat de creșterea vitezei și duratei vîntului. Priza este importantă pentru determinarea lungimii de undă. În lacuri, unde întinderea zonei de apă liberă (priza) este relativ mică, lungimile de undă ale valurilor sînt de obicei de numai cîțiva metri, pe cînd în cazul valurilor oceanice sînt tipice lungimi de undă de cîteva sute de metri, datorită unei prize mari. În apa puțin adîncă, de exemplu în cazul lacurilor, adîncimea apei poate să devină alt factor important care influențează valurile. Înălțimea maximă a valurilor generate de vînt nu este cunoscută, mai ales datorită dificultății de măsurare a înălțimii valului în timpul perioadelor de furtună. Înălțimea valurilor poate ajunge aproximativ pînă la 25 m.

Diferite tipuri de valuri generate de vînt

Valurile formate de vînt pot fi clasificate în trei tipuri: mare de vînt, hulă și brizanți (fig. 7.17 a, b, c). Valurile din zona furtunii, adică cele afectate direct de vînt, poartă numele de *mare de vînt* (**sea**) (fig. 7.17 a). Aceste valuri sînt neregulate, lipsite de un model sistematic, cu perioade și înălțimi diferite, care se deplasează în direcții variate. Cînd aceste valuri părăsesc aria unde au fost generate și unde se aflau sub influența imediată a vîntului, valurile cu perioade mai lungi și viteze mai mari depășesc valurile mai mici și mai lente. Astfel, valurile vor fi mai uniforme, cele cu dimensiuni similare avînd tendința de a se deplasa paralel, datorită vitezelor lor asemănătoare. Aceste valuri regulate sînt denumite **valuri de hulă** (fig. 7.17 b). Depărtîndu-se din ce în ce mai mult de regiunea generatoare, valurile de hulă cresc ca lungime și perioadă, dar pierd din înălțime. Un anumit tip de val poate să traverseze un ocean întreg. W. Munk și colaboratorii săi de la Institutul Oceanografic Scripps au observat valuri generate în largul țărmului Noii Zeelande, care au traversat Pacificul spărgîndu-se pe coasta Alaskăi.

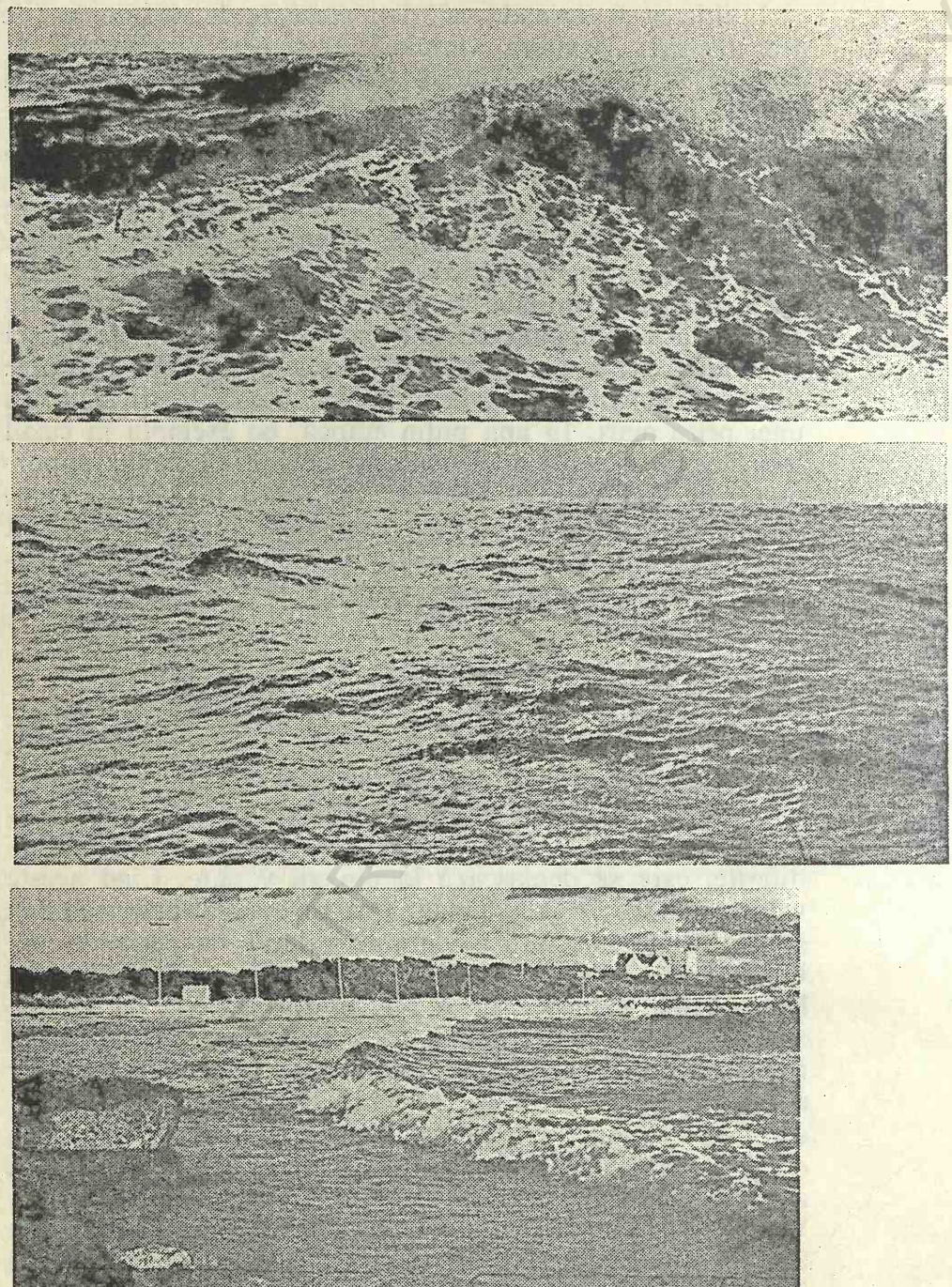


Fig. 7.17 Valuri generate de vînt (Fotografii puse la dispoziție de Institutul Oceanografic din Woods Hole); a) Valuri din zona generatoare de furtună; b) Hulă. De remarcat uniformitatea relativă a formei valurilor; c) Valuri brizante.

Al treilea tip de val generat de vînt este reprezentat de **valuri de resacă sau brizante** ce apar în apropierea țărmului cînd viteza valului se reduce, iar crestele care se apropie între ele cad înainte prin deferlare (fig. 7.17 c). Valurile brizante (sau deferlate) diferă de marea de vînt *(sea)* și de hulă prin faptul că particulele de apă nu mai sînt în mișcare orbitală, ci se deplasează către țărm. Aceasta are ca rezultat eliberarea unei cantități de energie îndreptată spre plajă.

Cînd valurile ajung în zone de adîncime mică se modifică radical caracteristicile lor, cu excepția perioadei. Lungimea de undă și viteza scad odată cu reducerea adîncimii; această schimbare este mică pînă cînd adîncimea apei (h) egalează o jumătate din lungimea de undă a valului. Se spune că la această adîncime valul „simte" fundul, iar înălțimea sa crește rapid. Valul se va sparge cînd viteza particulelor din creasta valului va depăși viteza valului. Pe o plajă cu înclinare mică aceasta se petrece de obicei cînd raportul H/h are valori între 0,8 și 0,6.

Dacă valurile intră într-o zonă cu apa puțin adîncă, formînd un anumit unghi față de linia coastei, sau întîlnesc neregularități ale reliefului fundului din apropierea țărmului, direcția lor de înaintare se va schimba. Această schimbare a direcției de propagare a valurilor, numită refracție, se produce în porțiunile ridicate, cu apa puțin adîncă, unde frontul valului se rupe. În această porțiune valul își va încetini viteza determinînd întregul front să se întoarcă spre apa puțin adîncă. Astfel, crestele valurilor tind să de-

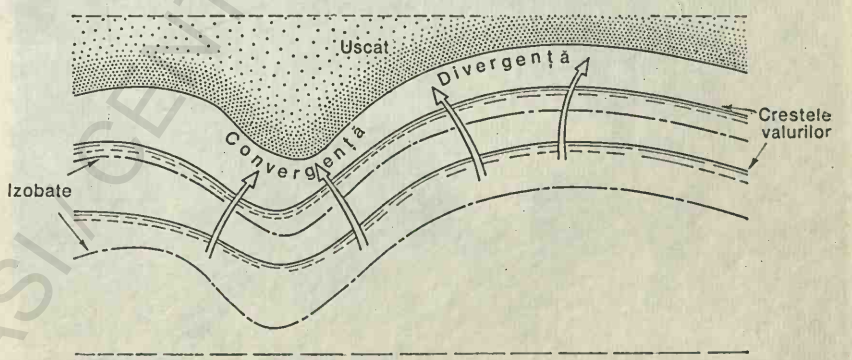
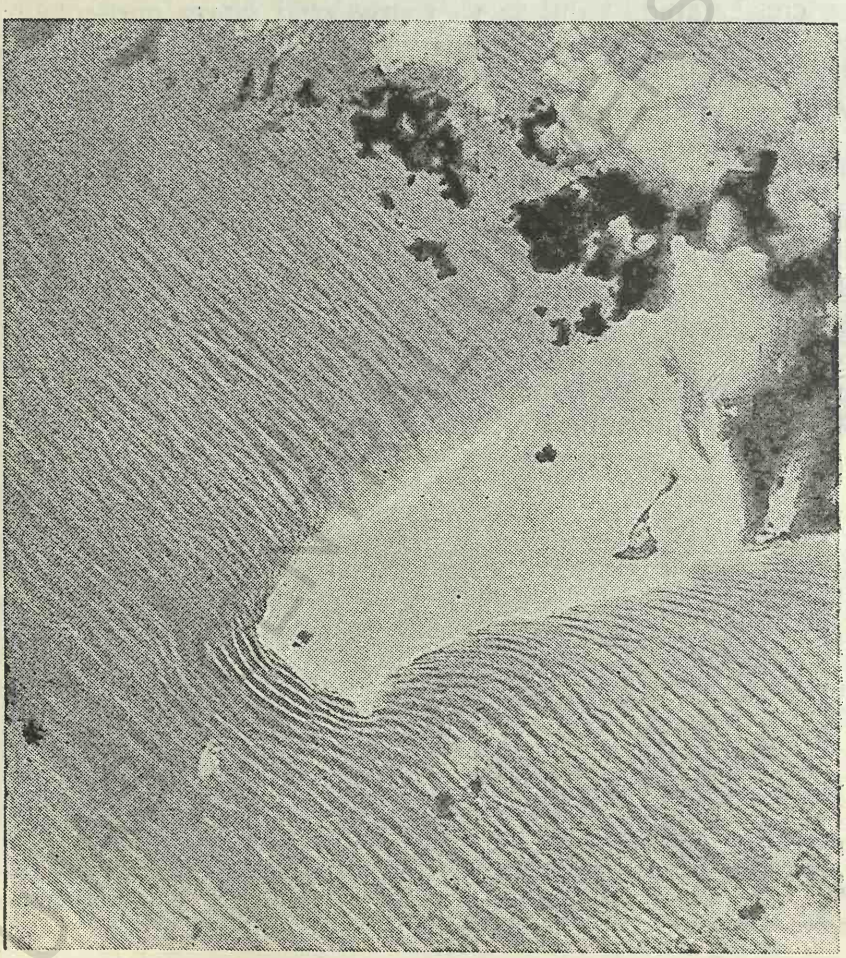


Fig. 7.18 Ilustrare diagramatică a refracției valurilor în zona din apropierea țărmului.

vină paralele cu izobatele fundului (fig. 7.18 și 7.19). Refracția depinde de configurația fundului mării, de lungimea de undă și de direcția de înaintare a valurilor. Pe coastele cu neregularități topografice, refracția va produce concentrarea energiei valurilor, sau convergență, în zonele ridicate din punct de vedere topografic cum sînt crestele submerse și promontoriile (fig. 7.18). Energia valurilor va fi mai slabă, divergență, deasupra canioanelor submarine și în zona golfurilor. Pescarii cu experiență își ancorează ambarcațiile deasupra unor depresiuni locale cînd se așteaptă

Fig. 7.19 Fotografie aeriană care evidențiază refracția valurilor (Fotografie pusă la dispoziție de U. S. Air Force, Cambridge Research Laboratories).



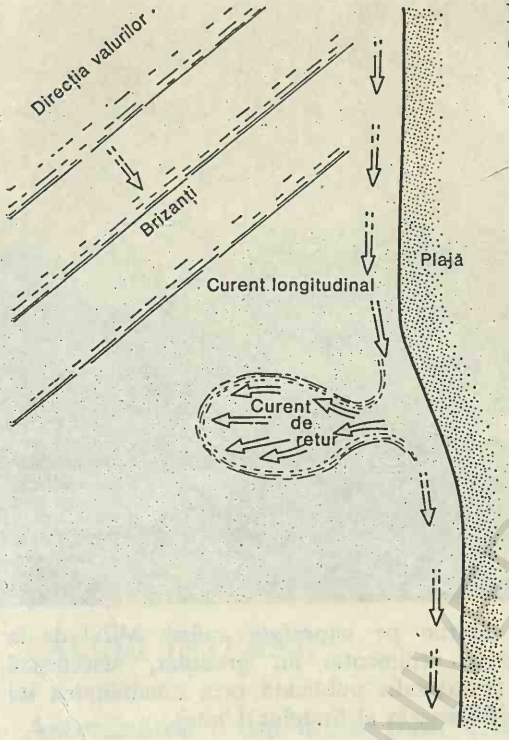


Fig. 7.20 Transport longitudinal și curenți de retur în regiunea din apropierea țărmului.

o furtună. În aceste zone energia valurilor se împrăștie și pericolul de răsturnare a ambarcației este redus.

După spargerea valurilor, plaja este inundată de o pînză de apă, din care o parte se întoarce în mare pe fundul zonei de deferlare. În condițiile obișnuitei avansări a valurilor spre plajă, apa va crește ușor creîndu-se de-a lungul liniei de coastă un curent litoral (fig. 7.20). Acest curent longitudinal se dezvoltă pînă cînd devine mai puternic decît valurile care avansează spre plajă. În acest moment apa se retrage spre mare formînd un curent de retur *(rip current)*. Datorită direcției lor spre larg curenții de retur pot fi periculoși pentru înotători [3]. Poziția curenților de retur depinde de topografia submarină, panta plajei și de înălțimea și perioada valurilor.

[3] Înotătorii încercați, prinși într-un asemenea curent de retur, se lasă duși spre larg, fără a înota împotriva lui pentru a reveni la țărm. Pe măsură ce i se diminuează puterea, înotătorii își schimbă direcția, paralel cu țărmul, pînă cînd dispare efectul curentului de retur. — *N.A.*

BCU IAȘI UNIVERSITY LIBRARY

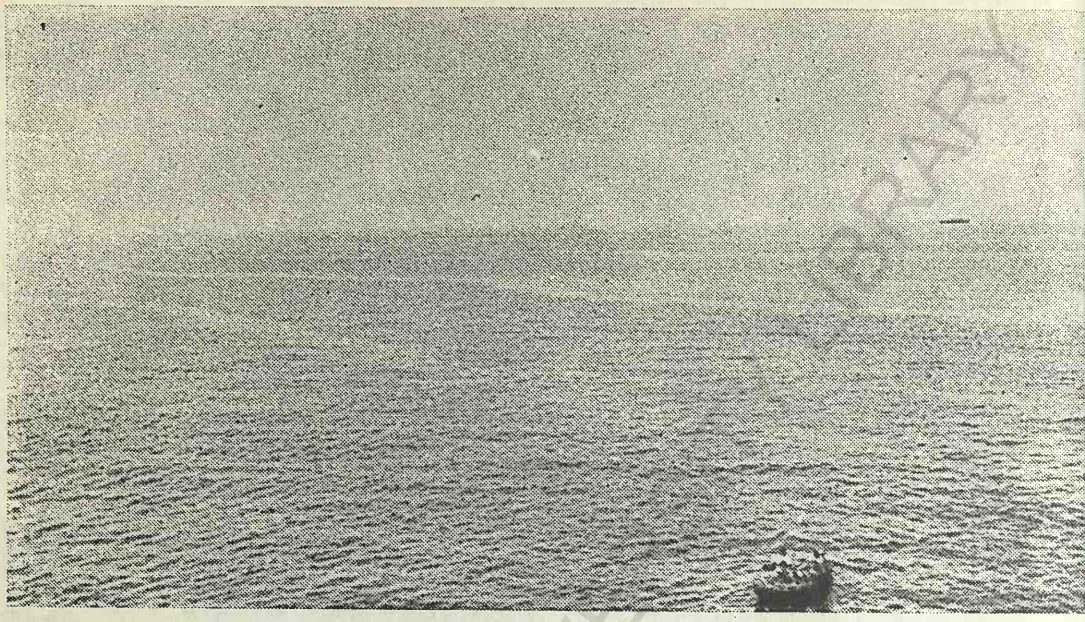


Fig. 7.21 Expresia valurilor interne pe suprafaţa mării. Mîlul de la suprafaţă, constituit din material sedimentar fin granular, marchează depresiunile valurilor interne (Fotografie publicată prin amabilitatea lui E. C. LaFond, Centrul Naval Submarin al Statelor Unite).

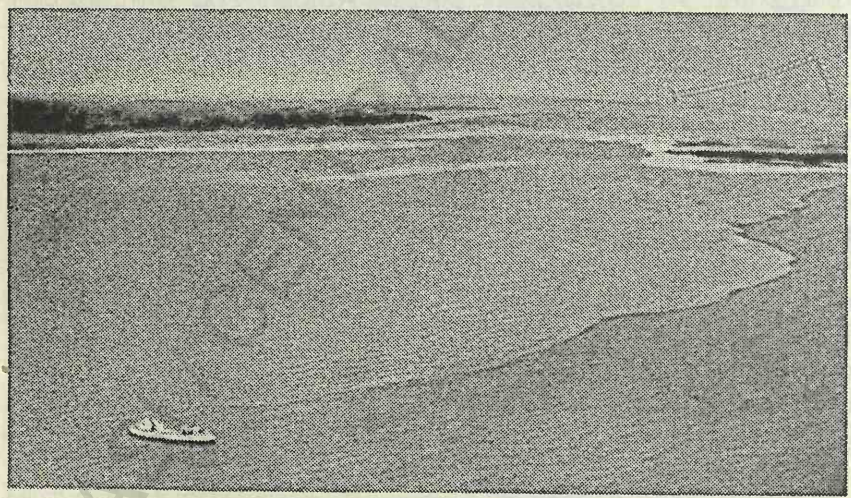


Fig. 7.22 Apă cu turbiditate ridicată (culoare mai deschisă) deversată în mare la gura rîului Fear, Carolina de Nord (Fotografie pusă la dispoziţie de J. V. A. Trumbull, din Meade, 1969).

Spargerea valurilor în zona din apropierea țărmului, urmată de transferul energiei către plajă, creează o ambianță unde condițiile se modifică rapid. Aici apar fluctuații considerabile ale vitezei și direcției curenților. Viteza curentului variază în primul rînd datorită grupării tipurilor similare de valuri, de exemplu o secvență de valuri înalte urmată de o secvență de valuri joase. Curenții puternici din apropierea țărmului exercită o acțiune de eroziune și de sedimentare, modificînd configurația lui. Datorită acestor curenți, sedimentele apelor puțin adînci sînt mai grosiere decît cele depuse în largul mării, unde sînt transportate particulele fine. Fluctuațiile mareelor și furtunile permit curenților longitudinali și valurilor brizante să își exercite influența pe o mare parte a zonei din apropierea țărmului. Animalele și plantele din zona litorală, adaptate condițiilor respective, rezistă nu numai la forța valurilor, dar și la emersiunea din timpul mareei joase.

VALURI INTERNE

Asemănătoare din multe puncte de vedere cu valurile generate de vînt, valurile interne pot să apară acolo unde există un gradient vertical de densitate. Valurile interne nu sînt vizibile direct de la suprafață fiind, de obicei, detectate prin observații sistematice și detaliate asupra temperaturii. Aceste studii demonstrează că valurile interne reprezintă un fenomen obișnuit în ocean. De regulă, ele se deplasează mai încet decît valurile de suprafață, dar pot să aibă înălțime mai mare. S-a observat că valurile interne se sparg în mod similar valurilor de suprafață. Uneori prezența lor este evidențiată de existența unor suprafețe line care se deplasează lent pe suprafața oceanului. Suprafețele line, constituite din plancton, sediment fin granular, sau reprezentînd contaminări cu apa de suprafață (fig. 7.21), se formează în zona depresionară a valului.

Ori de cîte ori vin în contact mase de apă cu densități diferite se pot forma valuri interne. Printre aceste condiții figurează și aporturile de apă dulce din rîuri (fig. 7.22) și amestecul unor tipuri diferite de apă. Mareele generează, probabil, valuri interne cu perioade mari.

VALURI CATASTROFICE

Valuri de furtună

Valurile cu efecte catastrofale apar ca rezultat al unor condiții neobișnuite, cum sînt furtunile puternice de tipul hurricanelor în zona oceanică sau în apropierea sa, sau alunecările de teren submarine. Deseori valurile catastrofice produc pagube și pierderi de vieți omenești.

Vînturile puternice, de obicei asociate cu uraganele oceanice, pot să acumuleze apa în zona de coastă determinînd existența unui nivel extrem de ridicat al mării (fig. 7.23). Supraînălțările excepționale ale apei sau „undele de furtună" pot fi deosebit de periculoase, atunci cînd acțiunea lor coincide cu mareele ridicate din zonele joase de coastă. Se știe că în zona Golfului Mexic din Statele Unite valurile de furtună au ridicat nivelul apei cu pînă la 7 m. În anul 1900, la Galveston, Texas, 6000 de persoane și-au pierdut viața în cursul unei astfel de unde. Valurile de furtună diferă de alte categorii de valuri prin faptul că nivelul apei crește în mod gradat, neproducîndu-se ridicarea și coborîrea ritmică și rapidă.

Valuri produse de alunecări

Deplasarea unor mase de roci sau gheață în ocean, ca rezultat al cutremurelor sau mișcărilor glaciare, poate genera valuri puternice. Un asemenea val de mare s-a produs în Golful Lituya, Alaska, în anul 1958. Datorită unei alunecări de teren, circa 30 000 000 m^3 de stînci au căzut în golf de la o înălțime de aproximativ 1000 m, generînd un val uriaș care s-a ridicat pînă la 500 m pe panta muntelui din partea opusă a golfului (fig. 7.24). Peste 15 000 de persoane au pierit în anul 1972 pe insula japoneză Kyushu de un val asemănător.

Tsunami (valuri seismice)

Tsunami, denumite impropriu și valuri de maree, deoarece nu au nimic comun cu mareele, au la origine deplasări submarine provocate de cutremure, alunecări de teren sau erupții vulcanice. În largul oceanului, tsunami pot avea lungimi de undă pînă la 180 km, se pot deplasa cu viteze mai mari de 350 noduri, înălțimea sau amplitudinea lor fiind

totuși de numai cîțiva centimetri. Cînd tsunami ajung în zona cu apă puțin adîncă și se sparg de coastă, înălțimea lor poate depăși înălțimea oricărui val generat de vînt. Efectul distructiv al unui tsunami este strîns legat de topografia submarină; valurile de spargere sînt în general mici în apropierea punctelor înalte de uscat înconjurate de apă adîncă, fiind în schimb înalte în zona crestelor submarine. F. P. Shepard, precum și alți cercetători au studiat efectele unui val seismic care s-a produs în anul 1946 pe insula Hawaii, unde au fost găsite fragmente aruncate de valuri în regiunea de coastă la aproximativ 20 m de linia țărmului, iar valurile brizante s-au ridicat la 10 m deasupra nivelului normal al mării.

Cutremurele din Chile, în 1960, și din Alaska, în 1964, au generat mari tsunami cauzînd pierderi enorme de vieți omenești și pagube materiale. Seismologii au realizat un sistem de avertizare care calculează viteza de propagare a valurilor, ceea ce permite luarea unor măsuri preventive în regiunile de coastă afectate. Cu ajutorul seismografelor sensibile din stațiile amplasate în zona Oceanului Pacific se înregistrează undele de șoc ale cutremurelor. Observatorii pot calcula rapid poziția cutremurului și transmite informații asupra valurilor ce pot rezulta (fig. 7.25).

Multe tsunami din Pacific sînt cauzate de deplasările submarine ce au loc de-a lungul „Cercului de foc", o zonă de instabilitate crustală care formează un cerc, oarecum discontinuu, în jurul Pacificului (vezi pag. 264). Tsunamisurile generate în aceste regiuni se deplasează mult spre interior și afectează cele mai multe zone ale Pacificului.

Valurile seismice au provocat puține pagube pe coasta de vest a Statelor Unite din următoarele motive:

1) Coasta de vest este relativ stabilă din punct de vedere seismic, cel puțin în comparație cu alte zone ale Pacificului.
2) Valurile seismice produse în ariile Aleutine și sud-americane se apropie diagonal de coastă, fiind deci mai puțin distructive.
3) Platforma continentală relativ întinsă din dreptul coastelor de vest ale Statelor Unite produce o considerabilă pierdere de energie a valurilor, înainte ca acestea să atingă plaja.

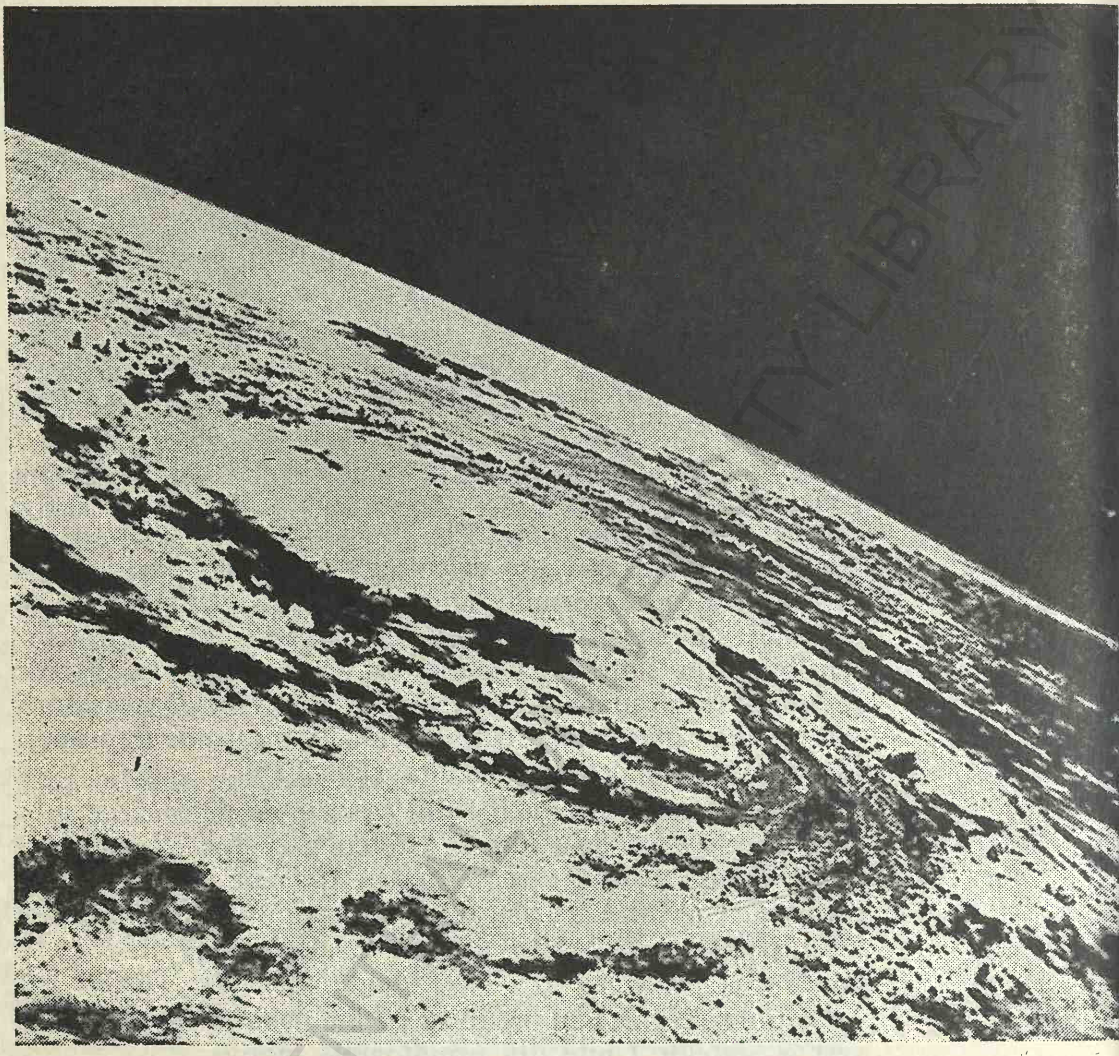


Fig. 7.23 Ciclonul Gladys, fotografiat în anul 1968 de pe Apollo VII. Dispoziţia în formă de vîrtej este tipică cicloanelor. Această furtună a provocat pagube importante în regiunea joasă a Floridei (Fotografie pusă la dispoziţie de Oficiul Oceanografic Naval al Statelor Unite).

Fig. 7.24 a) Vedere aeriană a Golfului Lituya, Alaska, realizată în anul 1954, înainte de valul gigantic; b) Vedere aeriană a Golfului Lituya, Alaska, făcută în anul 1958, care evidenţiază pagubele provocate de valul catastrofic; c) Vedere aeriană ilustrînd distrugerile produse de valul gigantic pe ţărmul de nord al Golfului Lituya. Pe marginea din dreapta a fotografiei lăţimea zonei de distrugere este de aproximativ 600 m. Remarcaţi copacii dezgoliţi de ramuri şi descojiţi (Toate fotografiile oferite de Serviciul Geologic al Statelor Unite).

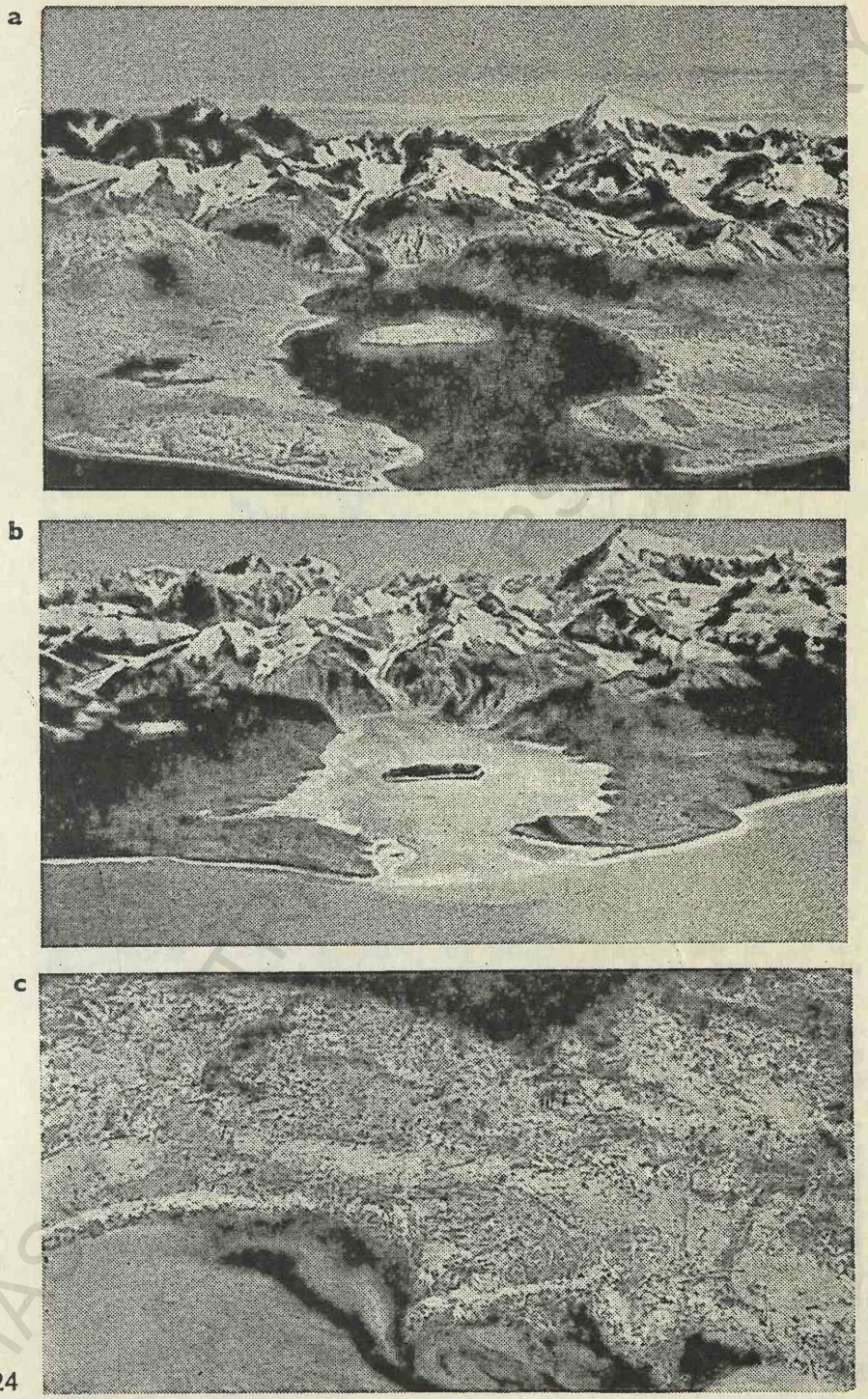


Fig. 7.24

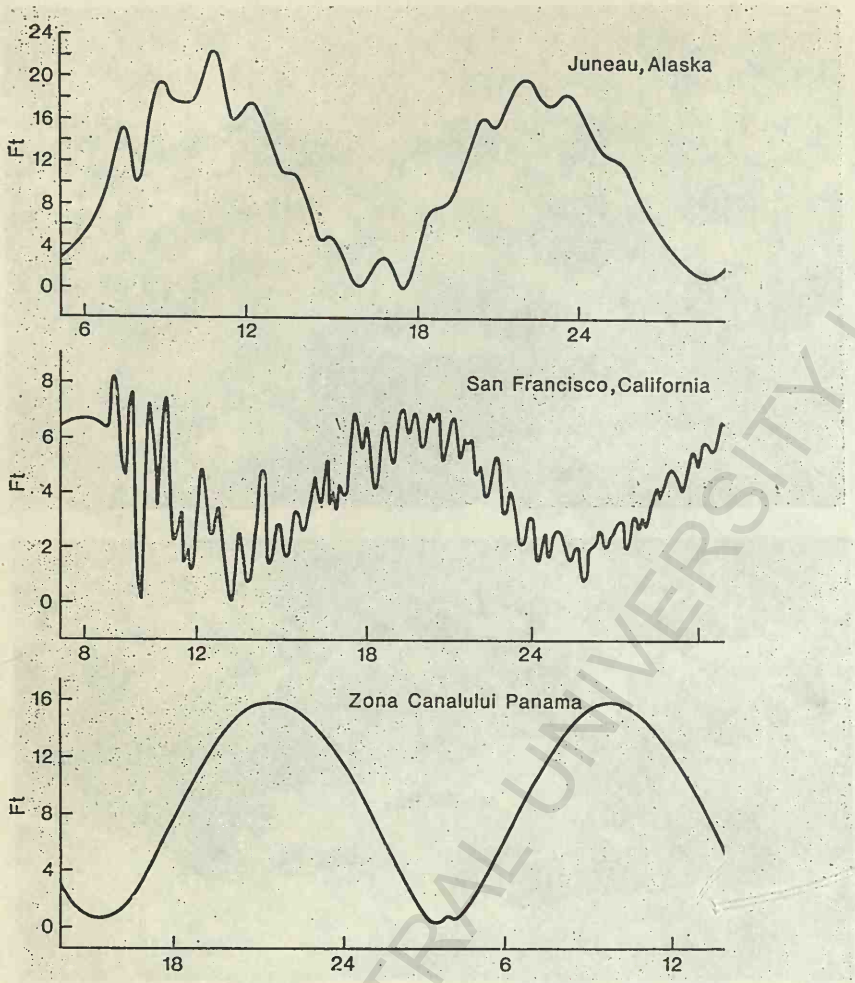


Fig. 7.25 Măsurători din timpul *tsunami*-ului alaskan din anul 1964 efectuate în diferite puncte ale Pacificului. De remarcat că tsunami-ul a ajuns mai tîrziu în punctele mai depărtate de centrul cutremurului. Curbele nu ilustrează şi valurile individuale, ci numai oscilaţia verticală, la scară mare, a apei (După Spaeth şi Berkman, 1967).

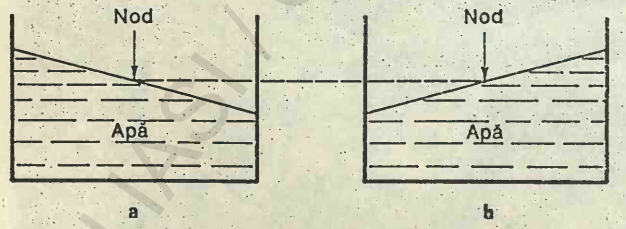


Fig. 7.26 Un val staţionar simplu (sau seiş).

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Valuri staționare

Valurile staționare, numite și seișe, sînt comune multor suprafețe de apă închise, cum sînt golfurile și lacurile. La un val staționar nu există mișcare de înaintare, deplasîndu-se numai suprafața apei în sus și în jos. Mișcarea este similară cu cea a unui lichid dintr-un vas care a fost înclinat și apoi așezat pe o suprafață plată (fig. 7.26). Suprafața apei este staționară în anumite puncte, numite noduri, restul suprafeței oscilînd în sus și în jos.

Valurile staționare pot fi generate de furtuni locale, schimbări rapide ale condițiilor atmosferice, sau perturbări bruște ale suprafeței apei. Odată generate, apa din lac sau golf va avea oscilații controlate de lungimea și adîncimea bazinului. Valurile staționare au produs considerabile pagube materiale și pierderi de vieți omenești.

MAREELE

Mareele sînt ridicări și coborîri periodice ale nivelului oceanelor care se produc zilnic sau de două ori pe zi. Mișcările mareice au fost observate, măsurate și înregistrate de foarte mult timp, cunoscîndu-se totodată și influența pe care o au asupra acestui fenomen Soarele și Luna. Explicarea și încercarea de prezicere a mareelor a reprezentat una dintre primele preocupări științifice ale omului. Multe dintre teoriile și metodele de cunoaștere a mareelor au fost enunțate în secolele XVIII și XIX. În timpul nostru metodele de prevedere a mareelor au la bază mai ales calculele matematice, utilizîndu-se calculatoare foarte rapide.

Mareele sînt valuri cu o perioadă de aproximativ 12 ore și 25 minute și lungimea de undă egală cu aproape jumătate din circumferința Pămîntului (12 600 mile sau aproximativ 23 300 km).

Domeniul de variație a mareelor (înălțimea maximă la mareea înaltă minus înălțimea minimă a mareei joase) are valori medii între 1 și 3 m (fig. 7.27), dar, în unele regiuni, cum este Golful Fundy, poate atinge 20 m. Mareele excepțional de înalte sînt datorate poziției geografice și configurației țărmurilor.

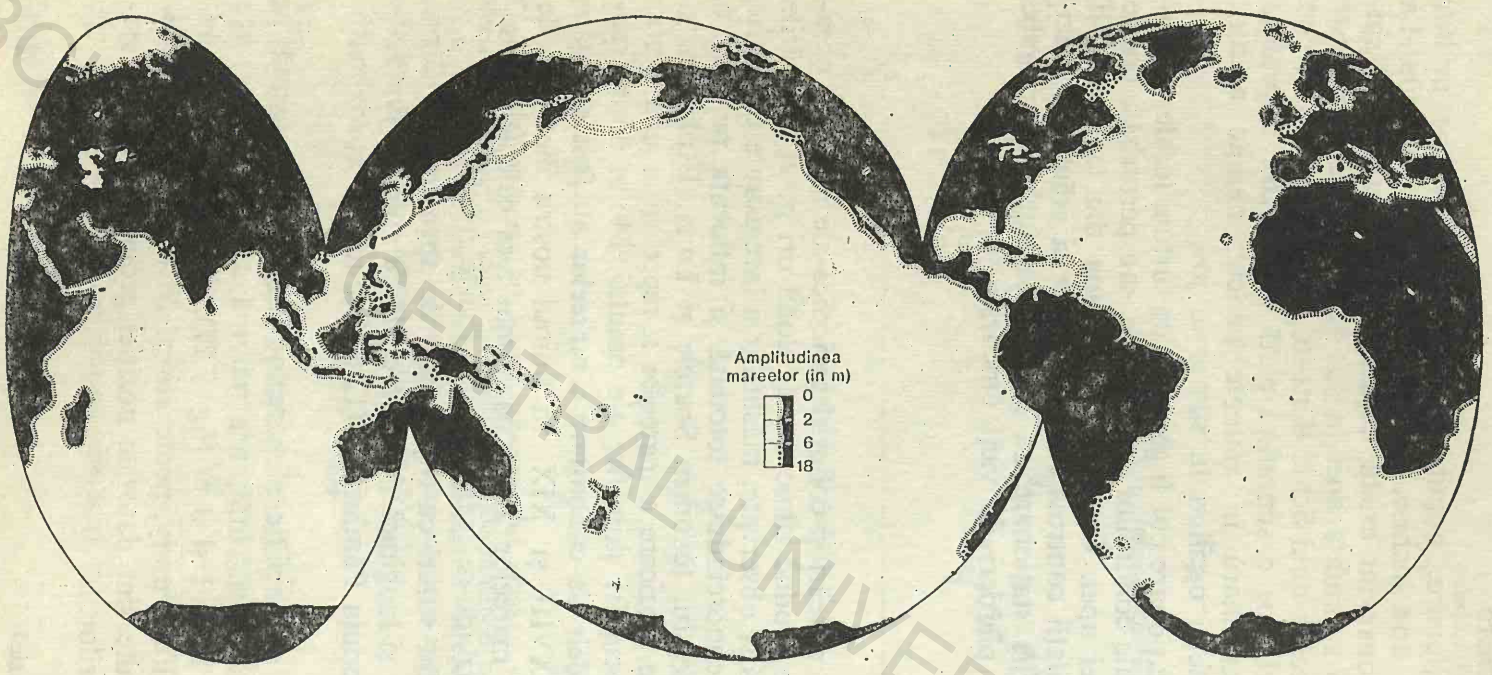


Fig. 7.27 Domeniul oscilaţiei mareice de-a lungul coastelor lumii (După Isakov, 1953).

BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

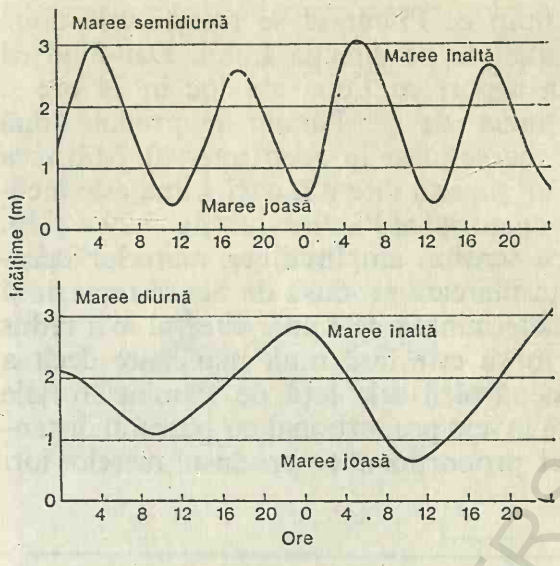


Fig. 7.28 Maree semidiurne și diurne.

Cele mai multe regiuni au atît o maree înaltă, cît și una joasă în fiecare zi (maree diurne) sau, mai obișnuit, două maree înalte și două joase pe zi (maree semidiurne, fig. 7.28). De obicei, perechile de maree semidiurne joase și respectiv înalte au înălțimi diferite. Întrucît între maree există un interval de timp de 12 ore și 25 minute (jumătate de zi lunară), mareele înalte se produc cu o întîrziere de 50 minute în fiecare zi. Acest fapt demonstrează că mareele sînt, în primul rînd, influențate de Lună. Dacă ar fi fost influențate în primul rînd de Soare, ele s-ar produce în fiecare zi la aceeași oră, ziua solară fiind de 24 de ore.

Cauzele mareelor

Mareele sînt provocate de atracția gravitațională exercitată asupra Pămîntului de către Soare și Lună. Această atracție afectează apa, pămîntul și atmosfera, dar efectele ultimelor două procese nu pot fi observate cu ochiul liber. Atracția gravitațională dintre Pămînt și Lună (fig. 7.29) este cea mai puternică pe partea dinspre Lună a Pămîntului. Această atracție face ca apa de pe această parte a Pămîntului, *N*, să fie atrasă spre Lună. Atracția gravitațională a Lunii este minimă în punctul cel mai depărtat, *F*, de pe partea opusă a Pămîntului. Acest fenomen, care acționează împreună cu **forța centrifugă**, face ca apa să formeze două

„protuberanțe". În timp ce Pămîntul se rotește cele două protuberanțe rămîn aliniate pe direcția Lunii. Dat fiind că rotația Pămîntului în raport cu Luna are loc în 24 ore și 50 minute, într-un punct de pe Pămînt se produc două maree înalte și două maree joase în acest interval. Mărimea mareelor înalte este în general diferită, căci Luna este înclinată față de planul ecuatorial al Pămîntului (fig. 7.29 a și b).

Și Soarele modifică sensibil amplitudinea mareelor oceanice, dar protuberanța mareică produsă de Soare reprezintă numai 46% din cea determinată de Lună. Efectul mai redus al Soarelui, a cărui masă este însă mult mai mare decît a Lunii, este datorat depărtării sale față de Pămînt: forțele gravitaționale variază invers proporțional cu pătratul distanței dintre ele și direct proporțional cu produsul maselor lor.

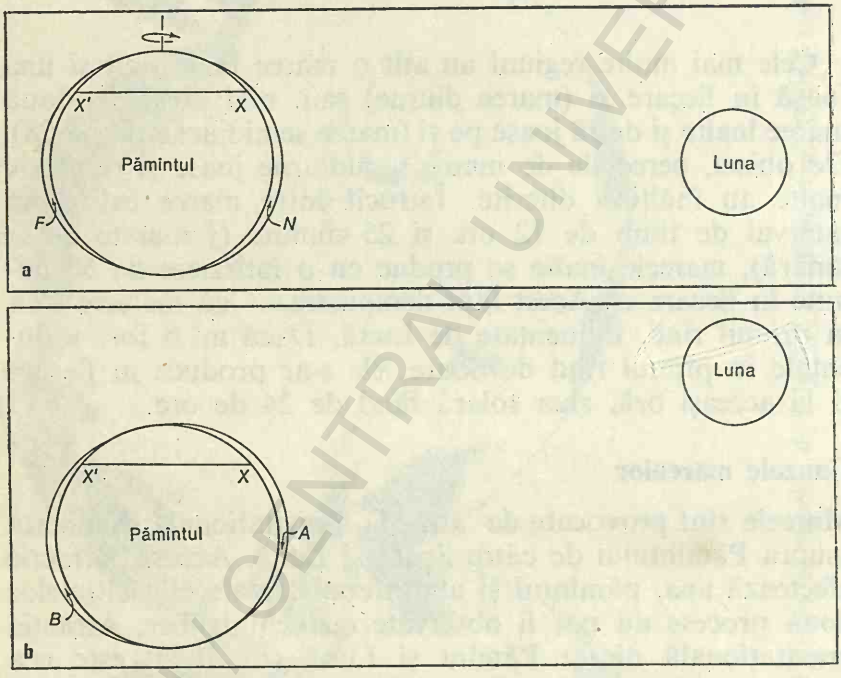


Fig. 7.29 Ilustrarea atracției gravitaționale dintre Pămînt și Lună (dimensiunile sînt exagerate); a) Luna se află în planul ecuatorial al Pămîntului. X și X' indică schimbarea poziției unui punct de pe suprafața terestră într-o jumătate de zi lunară (12 ore și 25 minute). În această poziție, în punctele X și X' marea are aceeași intensitate; b) Luna se află într-un plan înclinat, față de planul ecuatorial terestru. Această poziție produce maree diferite în punctele X și X'.

BCU / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

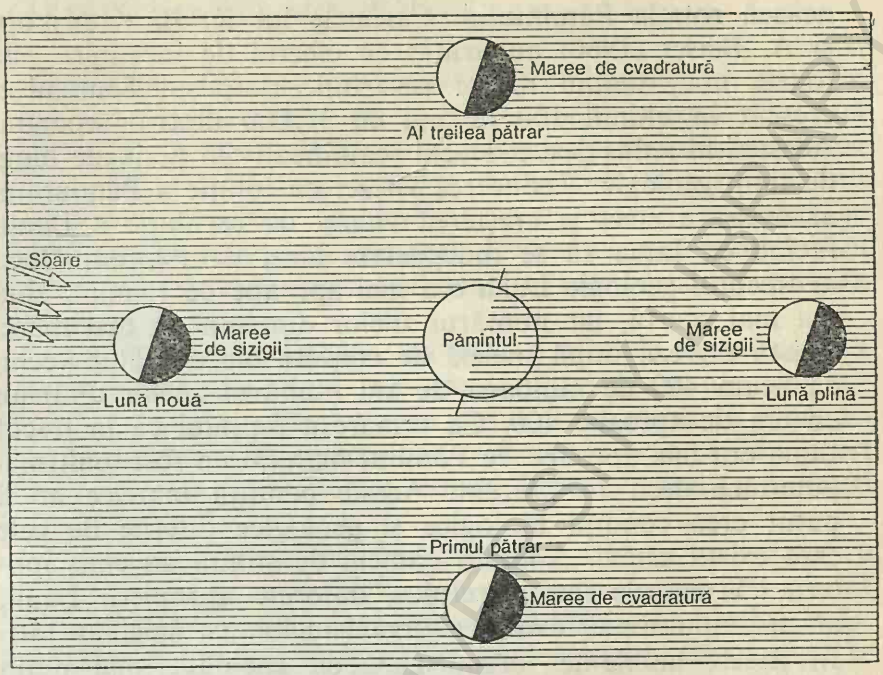


Fig. 7.30 Fazele Lunii și mareele asociate (sizigii și maree de cvadratură).

Cînd Soarele și Luna se află pe aceeași linie cu Pămîntul, efectul Soarelui devine deosebit de important. Atracția gravitațională combinată a celor doi aștri care acționează din același sens produce maree neobișnuit de mari, numite **maree de sizigii** (de primăvară). Aceste maree se produc la un interval de aproximativ 14 zile, la Lună nouă și Lună plină (fig. 7.30). Mareele de o amplitudine foarte mică, numite **maree de cvadratură**, se produc cînd Soarele și Luna sînt dispuse în așa fel încît razele trasate spre Pămînt de fiecare dintre ele cad în unghi drept; au loc, de asemenea, la un interval de aproximativ 14 zile, cînd Luna este la primul și al treilea pătrar.

Fricțiunea mareică

Anumite studii au arătat că Pămîntul nu se rotește lin sub protuberanțele mareice, între pămînt și apă existînd o forță de fricțiune. Teoretic această fricțiune ar trebui să înceti-

BCU IAȘI

nească rotația Pămîntului. Calculele lui K. B. Krauskopf și A. Beiser (1966) au arătat că efectul de încetinire este foarte mic; timpul dintre răsăritul și apusul Soarelui a crescut în ultimii 100 de ani cu 1/1000 dintr-o secundă. Acest ritm redus poate deveni semnificativ în perioade lungi de timp geologic. Reducerea vitezei de rotație a Pămîntului ar avea ca efect și creșterea vitezei de revoluție a Lunii, făcînd ca Luna să se îndepărteze încet de Pămînt. Dacă în trecutul geologic Luna era mai aproape de Pămînt, ziua era mai scurtă, iar numărul zilelor dintr-un an mai mare. Există dovezi, după inelele de creștere ale coralilor vechi, că acum 400 de milioane de ani numărul zilelor dintr-un an era de aproape 400. Ca urmare a faptului că în trecut Luna era mai aproape de Pămînt, mareele au fost mult mai puternice decît în prezent. Aceste condiții mareice ar fi putut crea condiții biologice și geologice diferite de cele care există astăzi. Anumiți oameni de știință au emis ipoteza că mareele mai puternice, datorate apropierii Lunii, ar fi impulsionat evoluția organismelor cu cochilii tari. În aceste ambianțe, organismele cu cochiliile mai puțin solide care trăiau în ape puțin adînci nu ar mai fi avut condiții să supraviețuiască. Din punct de vedere geologic, numeroase zone joase ale globului ar fi fost acoperite de mări interne, afectate zilnic sau de două ori pe zi de maree puternice.

Curenți de maree

Mareele generează variații ale nivelului Oceanului Planetar dînd naștere la curenții de maree care, în largul oceanului, sînt relativ slabi; în apropierea uscatului ei pot atinge însă viteze de cîțiva kilometri pe oră. Curenții de maree din golfuri și estuare sînt capabili să transporte cantități mari de sedimente care pot produce blocarea unor porturi, fiind astfel necesară înlăturarea aluviunilor prin dragare. În anumite estuare, în timpul mareei înalte, se formează un val mare de apă, aproape vertical, cunoscut sub numele de **bora**, care se deplasează spre interiorul fluviului. Asemenea bore caracteristice gurilor de vărsare ale fluviilor pot avea înălțimi de 3—5 m și o viteză de deplasare mai mare de 15 km pe oră.

CURENȚI DE TURBIDITATE

Sedimentele aflate în suspensie în apă produc un amestec dens care poate curge pe panta fundului oceanic. O astfel de curgere poartă numele de **curent de turbiditate.** Dacă viteza și turbulența curentului sînt suficiente pentru a împiedica depunerea particulelor sedimentare, curentul se poate deplasa pe distanțe mari. Depozitul care rezultă prin pierderea sarcinei sale sedimentare este denumit **turbidit** (vezi pag. 353).

Curenții de turbiditate, originea și efectele lor reprezintă unul dintre subiectele cele mai controversate ale oceanografiei. Acești curenți nu au putut fi observați în mod direct, deși au fost întreprinse numeroase cercetări în acest scop. Totuși, nenumărate dovezi indirecte arată că acești curenți există.

Conceptul de curenți de turbiditate a fost sugerat pentru prima dată în anul 1939, dar ideea nu a fost într-adevăr acceptată pînă cînd experiențele de laborator ale lui P. H. Kuenen și C. I. Migliorini (1950) au demonstrat că, în anumite condiții, un amestec de nisip, argilă și apă produce un curent care se deplasează în jos pe pantă transportînd sarcina sa sedimentară.

Unele dintre primele indicații ale efectelor posibile ale curenților de turbiditate au fost puse în evidență după cutremurul de la Grand Banks din 1929. Cu această ocazie, B. C. Heezen și M. Ewing au atras atenția asupra secvenței regulate în care s-a produs ruperea cablurilor telefonice submarine la sud de zona Grand Banks: cablurile s-au rupt în raport de distanța lor față de epicentrul cutremurului, începînd cu cele mai apropiate. Ruperea cablurilor ar fi putut fi cauzată de un mare curent de turbiditate care s-a deplasat în jos pe pantă. Heezen și Ewing au sugerat că acest curent a avut viteza de 50 noduri în faza inițială a curgerii și o viteză medie de 25 noduri pentru durata completă a curgerii. Shepard, în 1963, a pus la îndoială aceste cifre argumentînd că viteza medie de 15 noduri ar putea reprezenta o estimare mai exactă. Un alt om de știință, K. Terzaghi, a emis ipoteza că ruperea cablurilor ar putea fi datorată mai curînd **lichefierii spontane,** progresive, a sedimentelor, decît curenților de turbiditate. Observații ulterioare, efectuate în alte zone, arată că unele cutremure de pămînt

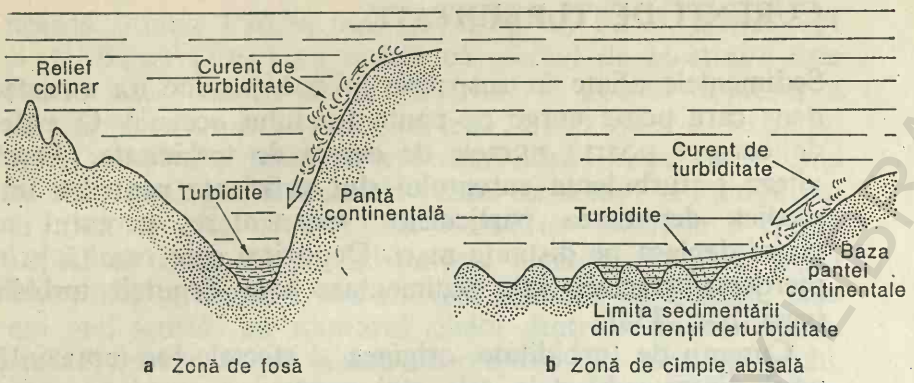


Fig. 7.31 Sedimentarea din curenți de turbiditate în domeniul oceanic: a) într-o fosă; b) pe o cîmpie abisală.

pot produce mișcări ale unei mari cantități de sediment, rezultînd, probabil, curenți de turbiditate.

Cea mai bună dovadă în favoarea curenților de turbiditate este furnizată de numeroasele carote colectate din zonele plate și adînci ale oceanului. În general, în aceste carote apar formațiuni constituite din sedimente grosiere, nisipoase, intercalate în strate subțiri de argilă, acestea din urmă fiind caracteristice adîncurilor marine. Luînd în considerare constituția lor granulometrică și mineralogică, precum și existența unor cochilii de organisme caracteristice apelor puțin adînci, s-a dedus că aceste nisipuri provin din zone apropiate de țărm. Curenții de turbiditate reprezintă singurul mecanism cunoscut care le-ar fi putut transporta și depune sub formă de strate. În mod obișnuit stratele au material grosier în bază, care devine din ce în ce mai fin spre partea superioară a stratului. Acest aspect este tipic pentru materialul transportat în suspensie și depus ulterior de un curent.

Multe zone oceanice, protejate de fose abisale sau depărtate de uscat, nu sînt afectate de curenți de turbiditate, acumularea sedimentelor fiind deosebit de lentă (fig. 7.31). Topografia fundului oceanic în aceste regiuni este în general deluroasă și accidentată. Zonele unde s-au acumulat sedimente datorită curenților de turbiditate sînt, de obicei, vaste suprafețe plate, numite **cîmpii abisale,** ale căror neregularități topografice au fost îngropate cu timpul.

Controversa actuală asupra curenților de turbiditate include și capacitatea lor de eroziune, mai ales în legătură cu originea canioanelor submarine. Unii cercetători au emis ipoteza tăierii canioanelor submarine de către curenți de turbiditate. Alții consideră că eroziunea care a avut loc în perioadele de scădere a nivelului mării a produs canioanele, deși ei admit că datorită curgerilor intermitente de sediment, canionul nu a fost umplut cu material. Eventuala capacitate erozivă, semnificativă, a curenților de turbiditate, ar trebui indicată de măsurători directe, efectuate probabil de dispozitive electronice acționate de curgere.

Originea curenților de turbiditate este, de asemenea, mult discutată. Observațiile de la Grand Banks sugerează că șocurile seismice pot da naștere curenților de turbiditate, cauzînd deplasarea și curgerea sedimentelor. F. P. Shepard, R. F. Dill și alți cercetători au observat că sedimentul grosier-granular se acumulează în zonele canioanelor submarine aflate în apropierea țărmului de unde, de obicei, după o furtună mare, este transportat spre adîncimi printr-o anumită formă de deplasare în masă. Depozitele generate în acest mod și depuse pe sedimente normale de apă adîncă, fin granulare, se disting prin textura lor grosier granulară. Tipuri similare de deplasări în masă se produc și pe panta continentală dar, în mod obișnuit, depozitul care rezultă nu este numit turbidit. Mai curînd acesta poate fi clasificat ca depozit de alunecare. Această situație, aparent anormală, este datorată faptului că sedimentele de pantă nu produc strate alternante fin și grosier granulare, caracteristice turbiditelor. Astfel, confuzia privitoare la originea curenților de turbiditate este în bună parte datorată separării neclare dintre mecanism și depozitul sedimentar rezultant. Curenții de turbiditate trebuie să fie considerați drept o formă de deplasare în masă, în timpul deplasării sedimentul aflîndu-se suspendat în apă, de unde se depune în conformitate cu dimensiunea și densitatea particulelor.

SONDAJUL ACUSTIC SUBACVATIC

În cercetările oceanografice actuale sondajul acustic subacvatic a devenit un instrument deosebit de important, fiind utilizat atît pentru măsurarea adîncimilor oceanice, cît și

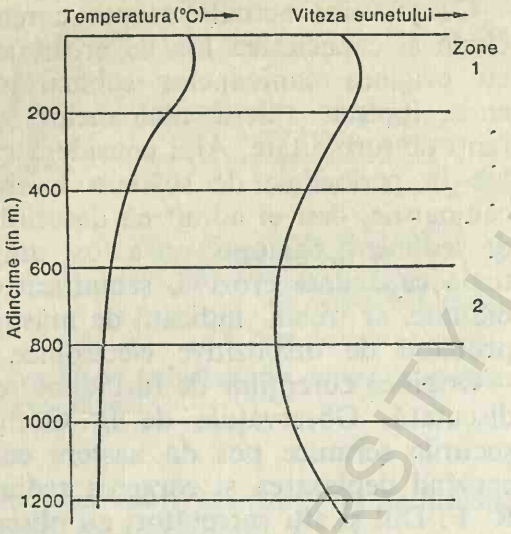


Fig. 7.32 Profile ale vitezei sunetului în ocean. Săgeţile indică sensul de creştere a valorilor temperaturii şi vitezei sunetului. Diferitele zone sînt discutate în text.

pentru examinarea caracterului şi grosimii scoarţei terestre. Biologii oceanografi pot folosi sondajul acustic pentru detectarea şi studierea organismelor. Sondajul acustic subacvatic este utilizat, de asemenea, şi pentru detectarea submarinelor şi localizarea şi determinarea poziţiei obiectelor de pe fundul mării.

Viteza sunetului

Viteza propagării sunetului în apele oceanului depinde de temperatură, salinitate şi presiune (adîncime). Viteza sunetului în apă variază de la 1400 la 1570 m/sec, mărindu-se odată cu creşterea salinităţii, temperaturii şi adîncimii. Creşterea este de 1,3 m/sec pentru ridicarea salinităţii cu o miime, aproximativ 4,5 m/sec pentru creşterea temperaturii cu fiecare grad Celsius şi 1,7 m/sec corespunzătoare creşterii adîncimii cu 100 m. Aceste variaţii, deşi au valori mici, afectează estimarea adîncimii apei efectuată pe baza vitezei sunetului. Pentru estimarea vitezei sunetului în apă vor trebui aplicate corecţii pentru schimbări în salinitate, temperatură şi presiune; pentru cea mai mare parte a suprafeţei oceanului au fost calculaţi factori generali de corecţie. Viteza sunetului se poate estima cu mai mare precizie utilizînd un aparat pentru măsurarea sunetului, care este coborît în ocean pentru determinarea directă a vitezei sunetului, eliminîndu-se astfel aplicarea corecţiilor.

Variațiile verticale ale vitezei sunetului în ocean pot fi divizate în trei zone (fig. 7.33):

1) Zona superficială a oceanului (grosime de 100 pînă la 150 m), unde apele sînt bine omogenizate, iar viteza sunetului crește cu adîncimea datorită efectului de presiune (adîncime).
2) O zonă (care se extinde probabil pînă la adîncimea de 1500 m) unde viteza sunetului descrește datorită scăderii rapide a temperaturii (termoclină).
3) O zonă, la adîncime mai mare de 1500 m, unde viteza sunetului crește odată cu ridicarea presiunii, temperatura fiind relativ constantă.

Ca și valurile oceanice, undele sonore pot fi refractate, fiind îndreptate către zonele unde viteza sunetului este mai mică.

Refracția combinată cu variația verticală a vitezei sunetului în ocean poate produce zone de umbră și canale sonore. Zona de umbră este o regiune unde penetrația sunetului este relativ scăzută. Aceasta apare în părțile superioare ale oceanului cînd un gradient pozitiv de viteză (creșterea

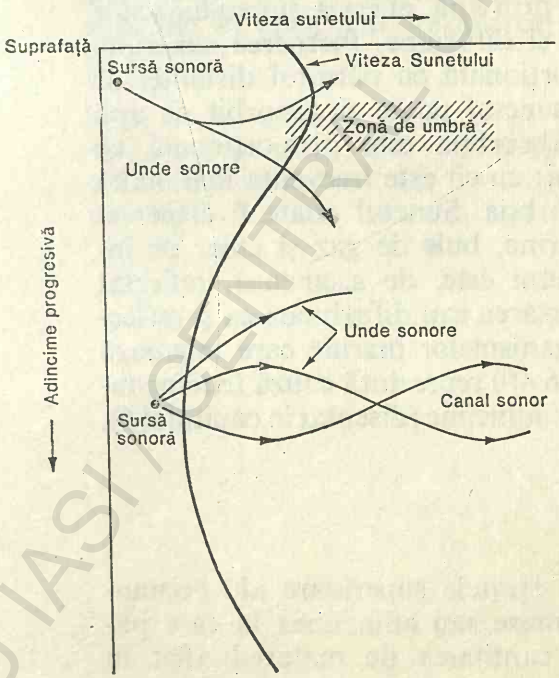


Fig. 7.33 Zone de umbră și un canal sonor.

BCU IAȘI CENTRUL UNIVERSITAR

vitezei sunetului) se află deasupra unui gradient negativ de viteză (reducerea vitezei sunetului), iar sunetul se află în gradientul pozitiv (fig. 7.33). Sunetul va fi refractat în sus în zona cu gradient pozitiv și în jos în zona cu gradient negativ (în ambele cazuri spre zone unde viteza sunetului este mai mică), creînd o zonă de umbră. Detectarea unui submarin aflat în zona de umbră este foarte dificilă.

Canalul sonor apare în regiunea unde viteza sunetului atinge o valoare minimă (vezi figura 7.33). Traversînd această zonă de valoare minimă, sunetul este refractat în sus și în jos în zona cu viteză mai mică și apoi înapoi spre zona cu valoare minimă. Prin dispersarea pe verticală se pierde o cantitate mică de energie, în această zonă sunetul putînd fi transmis pe distanțe de mii de kilometri. În mod obișnuit, un minimum de viteză a sunetului apare la adîncimea de 1500 m. Prin această zonă, numită canalul „sofar", sunetul a fost transmis pe o distanță de 25 000 km. Canalul „sofar" poate fi folosit de navele aflate în pericol. O cantitate de exploziv detonată de o navă în acest canal va fi detectată de stațiile aflate pe coastă, poziția navei putînd fi determinată prin calcularea diferiților timpi de înregistrare a sunetului la diferite stații.

În cursul propagării sale prin apă, energia sunetului scade prin împrăștiere, absorbție și difuziune. Pierderea sunetului prin împrăștiere este proporțională cu pătratul distanței de propagare. De asemenea, sunetul poate fi absorbit de apă și convertit în căldură. Absorbția este proporțională cu pătratul frecvenței sunetului: cu cît este frecvența mai înaltă cu atît este mai mare absorbția. Sunetul poate fi dispersat de particule, organisme marine, bule de gaz și chiar de însuși fundul oceanului (sunetul este, de asemenea, reflectat de fundul oceanului). Dispersarea sau difuziunea ca și reflectarea sunetului datorită organismelor marine care migrează pe verticală (vezi fig. 6.39 și 6.40) reprezintă cauza fenomenului numit stratul difuzant de adîncime (discutat în capitolul 6).

LUMINA ÎN APA MĂRII

Lumina pătrunde numai în stratele superioare ale oceanului. Transparența apei de mare sau adîncimea la care pătrunde lumina depinde de cantitatea de material aflat în

suspensie care absoarbe și difuzează lumina din apă. Materialul care produce cea mai mare parte a absorbției și difuzării luminii este reprezentat de materialul organic dizolvat, mai ales o substanță galbenă rezultată prin descompunerea materiei organice, și de detritusul organic, cum sînt fragmentele de plancton.

Cea mai mare parte a luminii care pătrunde în ocean este absorbită în stratul de 100 m de la suprafață. Absorbția luminii variază cu diferitele lungimi de undă ale luminii. Lumina albastră pătrunde mai adînc în apa de mare decît lumina roșie. Această transparență mai mare, față de lumina albastră, explică culoarea albastră a apei oceanice. Dacă particulele difuzante sînt abundente, apa poate avea culoarea verzuie.

Adîncimea pînă la care pătrunde lumina determină grosimea zonei fotice, unde are loc producerea fenomenului de fotosinteză a materiei organice de către plante. Grosimea zonei fotice este importantă, căci plantele reprezintă sursa principală de hrană a organismelor oceanice. În general, plantele planctonice nu trăiesc la adîncimi unde pătrunde mai puțin de 1% din lumina disponibilă. Prin urmare, producerea hranei planctonice în cadrul oceanului are loc mai ales în apele din apropierea suprafeței.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

8 Geologie și geofizică marină

INTRODUCERE

MARGINEA CONTINENTALĂ

BAZINUL OCEANIC

MĂRI MARGINALE

SEDIMENTELE MARINE DE ADÎNCIME

STRUCTURA CRUSTEI

ORIGINEA BAZINELOR OCEANICE

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

INTRODUCERE

Geologia reprezintă un complex de discipline ştiinţifice al căror obiect de studiu îl constituie structura internă şi externă a Pămîntului, compoziţia, modul de formare şi istoria evoluţiei sale. Geologia marină se ocupă cu studiul evoluţiei acelei părţi a Pămîntului care este acum acoperită de apă. În acest domeniu sînt incluse şi plajele, mlaştinile şi zonele care, deşi nu sînt acoperite în mod permanent de apă, sînt clar influenţate de mediul marin. De asemenea, platforma continentală, panta (povîrnişul continental) şi zona oceanică adîncă reprezintă domeniul specialistului în geologie marină sau, cum s-ar mai spune, în oceanografie geologică. Geologia marină are ca obiectiv descrierea şi determinarea genezei reliefului submarin, a originii sedimentelor de pe fundul oceanului şi a genezei structurii submarine. Ultimul punct reprezintă, mai ales, domeniul geofizicii marine. Rezultatele studiilor de geologie marină contribuie la explicarea originii bazinelor terestre şi oceanice şi la descoperirea unor depozite de substanţe minerale utile. Multe caractere geologice observate pe uscat s-au format iniţial sub apă. Prin urmare, studiind domeniul oceanic vom putea înţelege mai bine mediul în care trăim.

Istoria geologiei şi geofizicii marine

Lucrările de dragare efectuate în vederea colectării unor probe de animale şi roci de pe fundul mării au început aproximativ pe la anul 1750. În anul 1773, în regiunea arctică au fost dragate sedimente mîloase de la adîncimea de 683 fathomi. În anul 1854, Maury a întocmit prima hartă detaliată a fundului mării (vezi fig. 3.3). Mîlul care a fost colectat de pe greutăţile de la capătul instrumentelor de sondare, folosite la întocmirea hărţii lui Maury, a fost studiat de Bailey şi Pourtales, care pînă în anul 1870 obţinuseră mai mult de 9 000 de probe de pe fundul oceanului. Aproape concomitent, Charles Darwin efectua cercetări care aveau să influenţeze mult cunoştinţele despre geologia marină. În mod obişnuit se consideră că Expediţia Challenger (1872—1876) marchează începutul ştiinţei geologice marine. Probele de fund colectate în cursul acestei croaziere, precum şi de către expediţiile precedente, au fost studiate de Murray

și Renard (1891). Clasificarea sedimentelor din zona adîncă a mării întocmită de ei mai este utilizată și astăzi.

După Expediția Challenger au fost efectuate numeroase studii ale fundului oceanic, dar un progres deosebit al geologiei marine nu s-a mai înregistrat pînă la Expediția Meteor din anul 1925. Această expediție a utilizat, pentru prima dată în cercetările sale, pentru determinarea adîncimilor, aparatura de sondaj acustic, în locul metodei greoaie și încete de coborîre pe fundul oceanic a unor cabluri de care erau atașate greutăți. În Atlanticul de sud, „Meteor" a efectuat peste 70 000 de sondaje pentru determinarea adîncimii. Sondajele au arătat cu claritate că fundul oceanului nu este o cîmpie monotonă, ci prezintă trăsături topografice neregulate și anume: munți, văi și regiuni plane. De fapt, relieful fundului oceanic este tot atît de variat ca și cel al uscatului. În anii care au urmat au fost elaborate noi dispozitive de probare și de investigare și au fost fondate instituții oceanografice cum sînt institutele Scripps și Woods Hole.

În timpul celui de-al doilea război mondial au fost inițiate, în scopuri strategice, numeroase cercetări ale caracteristicilor fundului marin. După război au fost disponibile mari cantități de material explozibil utilizat pentru prospecțiuni seismice marine prin refracție. Metodele de refracție seismică au fost folosite prima dată pe uscat în jurul anului 1920. În 1937, Maurice Ewing și colaboratorii săi au extins această metodă la studiul platformei continentale. În mod inevitabil, progresele tehnologice au făcut posibilă utilizarea metodelor seismice de refracție în zonele adînci ale mării. De asemenea, au fost elaborate noi metode și aparate pentru măsurarea cîmpului magnetic terestru și a forței de gravitație. Anterior, studii gravimetrice care necesită o platformă stabilă au fost efectuate de pe o navă prinsă în gheață (Expediția Polară Nansen din 1893—1896) și din submarine. Astăzi gravimetrul, aparatul pentru măsurarea gravitației, este astfel suspendat încît deplasarea navei nu îl afectează.

În timpul celui de-al doilea război mondial a început să fie utilizată fotografierea fundului mării pentru detectarea submarinelor aflate în ape puțin adînci. Astăzi, dispozitive perfecționate (fig. 4.28) permit fotografierea, atît în alb-negru, cît și în culori, a celei mai adînci părți a oceanului. În ultimii ani am asistat la punerea în practică a unor pro-

grame de foraj cum sînt JOIDES și DSDP, la utilizarea crescîndă a submersibilelor, la dezvoltarea continuă a aparaturii seismice, la construcția de nave și echipament electronic după cele mai moderne cuceriri tehnice. Toate acestea au condus la o mai bună înțelegere și explicare a mecanicii deplasării sunetului și a fluidelor în mediul marin.

MARGINEA CONTINENTALĂ

Există diferite clasificări ale reliefului fundului oceanic ce se bazează pe adîncimea, geografia și structura sa crustală. În prezenta lucrare este utilizată divizarea simplă a fundului oceanic și anume: **marginea continentală** și **bazinul oceanic** (fig. 8.1). Marginea continentală include plajele și regiunile din apropierea țărmului, platforma continentală, panta continentală (sau povîrnișul continental) și piemontul oceanic, adică acea parte a oceanului care este imediat adiacentă continentelor. Bazinul oceanic reprezintă fundul marin adînc situat dincolo de marginea continentală, spre largul mării.

Zona de coastă

Din zona de coastă face parte regiunea continentală imediat adiacentă oceanului și clar influențată de acesta. Aici sînt incluse coasta și linia țărmului, plajele, estuarele, lagunele și mlaștinile.

Coasta și linia de țărm

În mod obișnuit, linia de țărm este definită ca linia de-a lungul căreia se face contactul dintre apă (suprafața marină) și uscat, iar țărmul este zona, relativ îngustă, dintre mareea joasă și punctul cel mai avansat de pe uscat, supusă continuu acțiunii apei (fig. 8.2). Coasta este zona de uscat, din vecinătatea imediată a litoralului, care include faleze, terase marine și porțiuni care rămîn permanent submerse. Toate acestea sînt temporare, deoarece poziția lor este afectată de înălțimea nivelului marin, care este, la rîndul său, influențat de maree, direcția vîntului și puterea și înălțimea valurilor brizante. Linia țărmului se modifică continuu și se poate de-

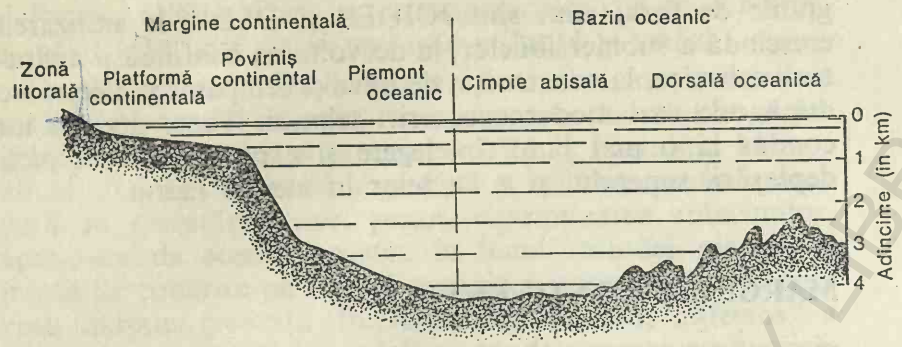


Fig. 8.1 Profil schematic ilustrînd caracterele principale ale marginei continentale și ale bazinului oceanic.

plasa pe o zonă largă în timp foarte scurt. În ultimele cîteva mii de ani nivelul mării a suferit variații considerabile datorită topirii ghețurilor pe suprafețe mari (vezi fig. 2.2 și 2.4). În acest timp linia de țărm s-a deplasat pe o bună parte a platformei continentale.

Există numeroase clasificări descriptive sau genetice ale liniilor de țărm și coastelor. Este evident că orice clasificare trebuie să ia în considerare ridicarea recentă a nivelului mării și efectele sale. Avînd în vedere acest caracter, Shepard

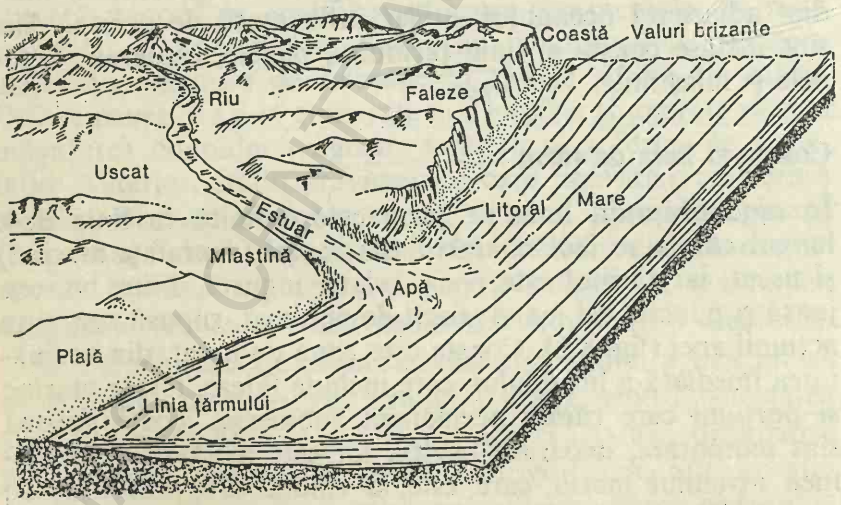


Fig. 8.2 Blocdiagramă ilustrînd unele elemente obișnuite ale zonei de coastă.

(1963) a propus o clasificare cu două categorii principale: 1) linii de țărm și coaste primare și 2) linii de țărm și coaste secundare[1].

Conform acestei clasificări coastele primare reprezintă rezultatul întîlnirii dintre mare și o masă continentală creată mai ales de agenții tereștri — inclusiv acțiunea ghețarilor, rîurilor, vulcanilor — sau de către procesele geologice, ca de exemplu faliere sau cutare. Coastele secundare sînt cele generate, în special, de agenți marini sau biologici, de exemplu țărmuri-barieră, recifi de corali și mlaștini. La scara timpului geologic, caracterul coastelor și liniilor de țărm se modifică rapid și ele toate prezintă, în general, efectul celei mai recente ridicări a nivelului mării datorat topirii ghețarilor.

Plaja. Reprezintă fîșia de uscat formată din depuneri neconsolidate de acumulare litorală (mai ales nisip sau pietriș), ce acoperă cea mai mare parte a țărmului (fig. 8.3)[2]. De obicei,

[1] Altă clasificare a coastelor, bine cunoscută, este cea a lui M.W. Johnson (1919), care deosebește: 1. coaste de submersiune (cu fiorduri sau cu forme asemănătoare de tip ria); 2. coaste de emersiune, cu bariere; 3. coaste neutre (deltaice, cîmpii aluviale etc.); 4. coaste mixte.

C.A.Cotton (1918) folosește drept criteriu primar stabilitatea regiunilor de coastă, subdivizîndu-le, mai ales, după predominanța submersiunii sau emersiunii.

H. Valentin (1952) se bazează pe criteriul avansării sau retragerii coastelor, dînd prioritate transformărilor secundare ale coastelor, față de caracterele lor inițiale.

Toate aceste clasificări, inclusiv cea a lui F. P. Shepard, nu sînt întru totul mulțumitoare. În clasificarea lui Johnson majoritatea țărmurilor sînt de tip mixt. Clasificarea lui Cotton este foarte apropiată de cea a lui Johnson. Clasificarea lui Shepard este foarte comprehensivă, dar sînt omise unele caractere (de exemplu cele legate de emersiune). C. A. M. King (1961) consideră că modul de clasificare descriptiv al lui Valentin este cel mai satisfăcător, dar subliniază că aplicarea acestei clasificări este uneori dificilă. — *D.J.*

[2] Partea cea mai înaltă a plajei, acoperită de una sau mai multe berme, este deseori prezentată sub denumirea de plajă uscată sau posterioară *(arrière-plage; backshorz)* (F. P. Shepard, 1948). Inițial, termenul *backshore* a fost propus de M. W. Johnson (1919) pentru a desemna acea parte a plajei acoperită de ape numai în timpul furtunilor mari, fără a se lua în considerație și valurile cu efect catastrofal. Porțiunea de plajă joasă acoperită de valuri în mod continuu sau afectată de maree (terasa de maree joasă în fig. 8.3), este cunoscută sub termenul de plajă umedă sau anterioară *(avant-plage; offshore)*.

În zonele afectate de maree, nivelul mareei înalte și al celei joase reprezintă repere relativ clare pentru subdiviziunea plajei. În regiunile practic lipsite de maree, înaintarea și retragerea valurilor afectează în mod normal numai o fîșie foarte îngustă, care ar corespunde avanplajei. Rezultă că în condițiile lipsei mareelor termenii avanplajă și arierplajă au semnificație mai redusă și oarecum diferită. — *D.J.*

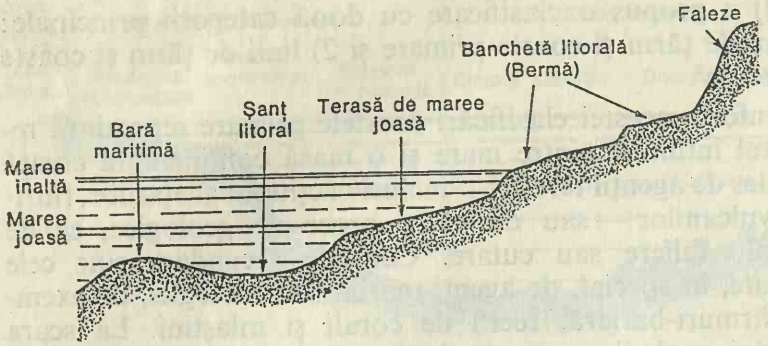


Fig. 8.3 Caracterele generale ale unei plaje.

ea se află sub influența directă a valurilor. Plajele sînt, în general, stabile cînd sînt afectate de valuri mici, dar pot fi modificate rapid de valurile mari sau valurile de furtună (fig. 8.4). Plajele sînt, de asemenea, influențate de variațiile zilnice și lunare ale mareelor. De obicei, există un efect sezonier de mai mare durată: valurile mai înalte și mai mari caracteristice iernii provoacă o eroziune netă a plajei, dar eroziunea din timpul iernii este echilibrată de acumularea din timpul lunilor de vară (fig. 8.5). Plajele sînt puternic influențate și de intervenția omului. De cele mai multe ori, construcția digurilor și a altor lucrări din apropierea țărmului au ca rezultat extinderea unei plaje realizată pe seama restrîngerii alteia (fig. 8.6). În timpurile noastre, observîndu-se tot mai mult efectele negative ale eroziunii antropice, s-au luat măsuri pentru apărarea plajelor.

Plajele sînt puternic afectate de acțiunea valurilor. Pe măsura apropierii valurilor de coastă, fronturile lor nu mai sînt paralele cu țărmul, ele fiind refractate în momentul în care ajung în apa puțin adîncă. Refracția determină schimbarea direcției de propagare a valurilor, creasta valurilor tinzînd să devină paralelă cu izobatele (vezi fig. 7.18). Astfel, datorită convergenței valurilor, energia lor se va concentra asupra punctelor proeminente, cum sînt barele de nisip din larg și falezele marine, și va fi divergentă în regiunea golfurilor deschise. Eroziunea valurilor va fi mai puternică în punctele de convergență, iar sedimentele se deplasează, de obicei, către zonele de divergență mai liniștite (fig. 8.7).

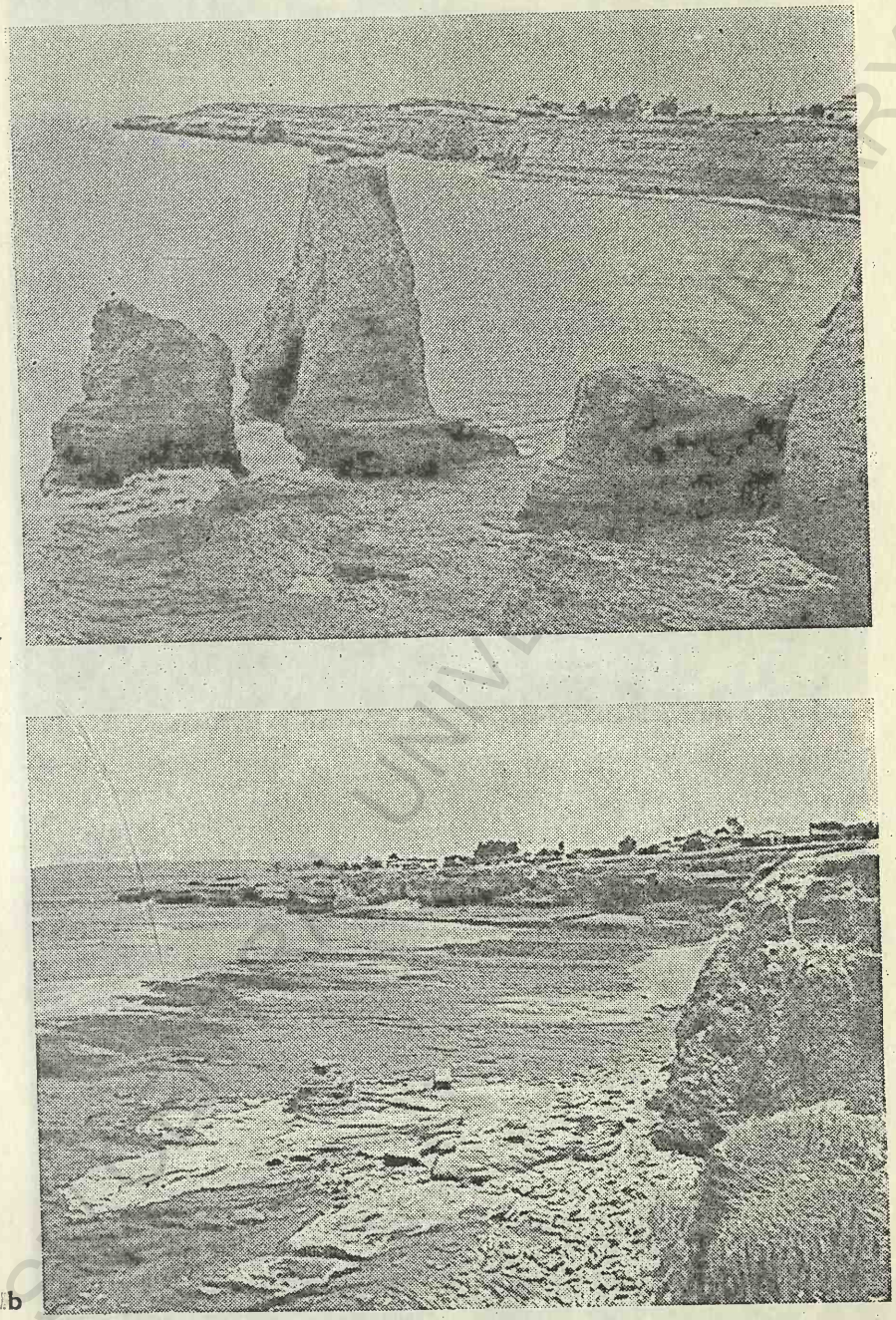
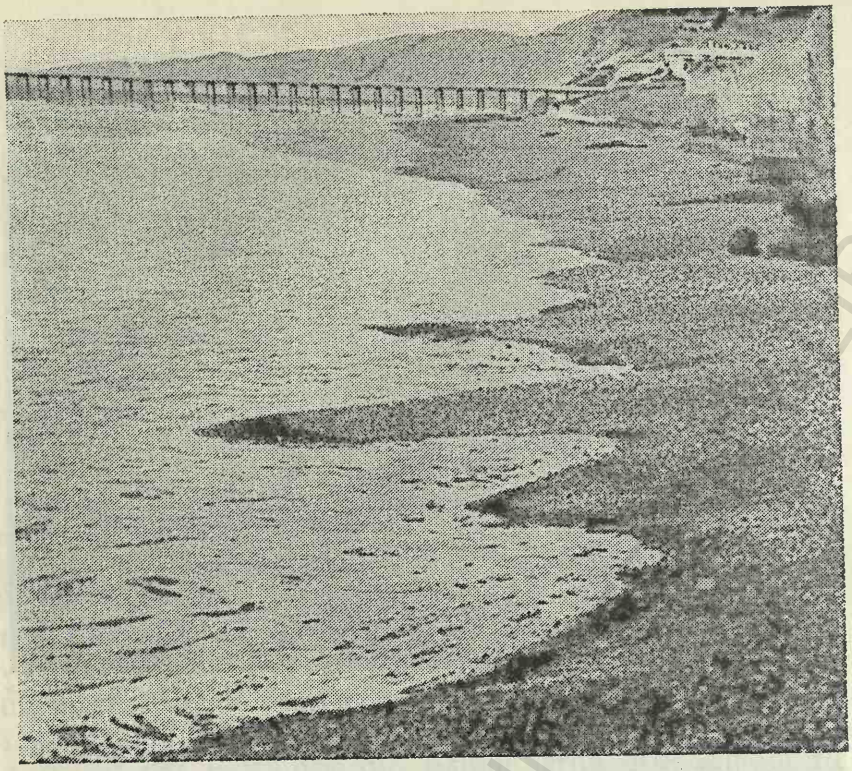
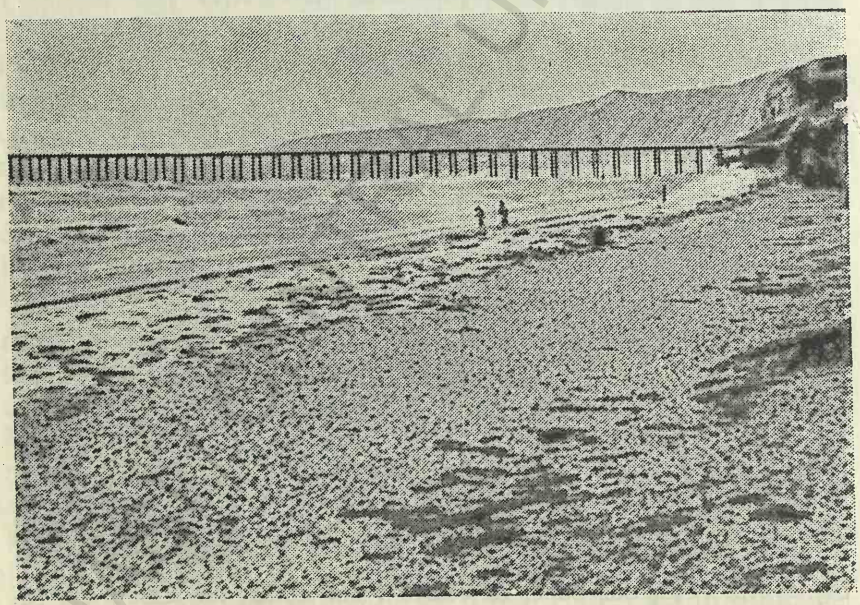


Fig. 8.4 a) Fotografia zonei de coastă Point Loma, din California, făcută în anul 1946; b) Fotografia aceleiaşi zone realizată în anul 1968. De remarcat intensitatea eroziunii care a avut loc într-o perioadă de 22 de ani (Fotografie pusă la dispoziţie de F. P. Shepard).

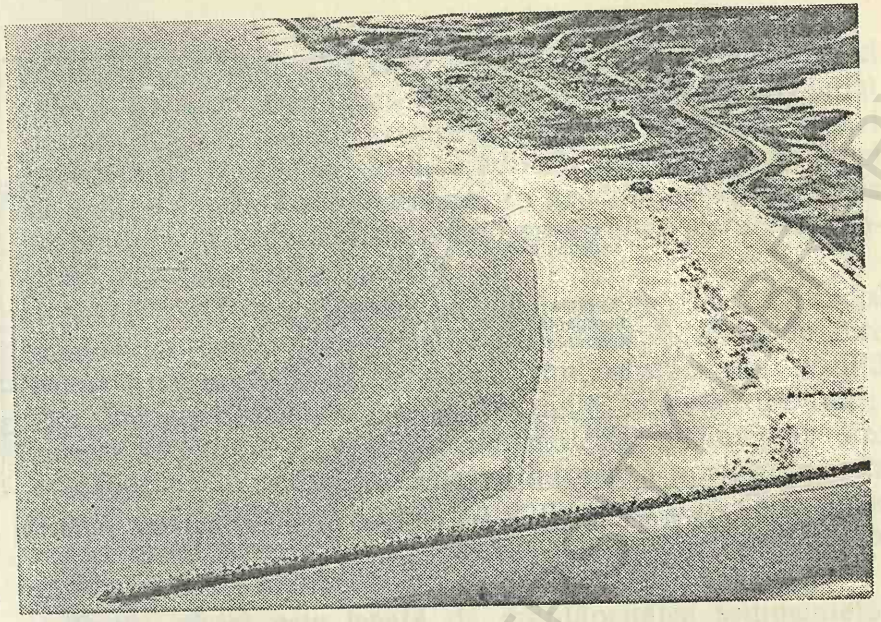


a

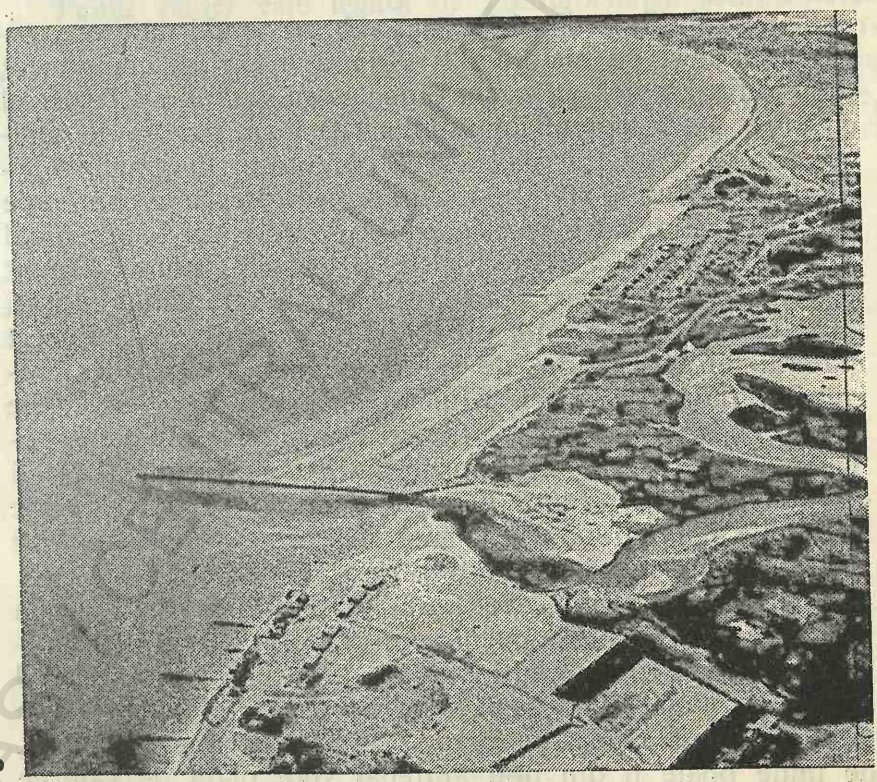


b

Fig. 8.5 a) Pietrişuri care apăreau în fiecare iarnă la La Jolla, California; b) Aceeaşi plajă, după ce pietrişurile au fost acoperite cu nisip. Din 1947 pietrişurile au mai apărut numai o singură dată (Fotografie pusă la dispoziţie de F. S. Shepard, din *Submarine Geology*, ediţia a II-a, de Francis P. Shepard, Harper & Row, 1963, republicată cu permisiunea editurii).



a



b

Fig. 8.6 a) Modificarea plajei prin construirea unui dig de larg. Digul a captat nisipul transportat de-a lungul țărmului (în direcția primului plan al fotografiei) și în acest mod s-a format plaja, contribuind în acest fel la lărgirea plajei; b) Fotografie a zonei sectorului din cealaltă parte a digului, unde plajele sînt mult mai înguste deoarece nisipul care ar fi trebuit să ajungă pînă la ele a fost interceptat (oprit) de digul de larg (Fotografie pusă la dispoziție de Jack Silver).

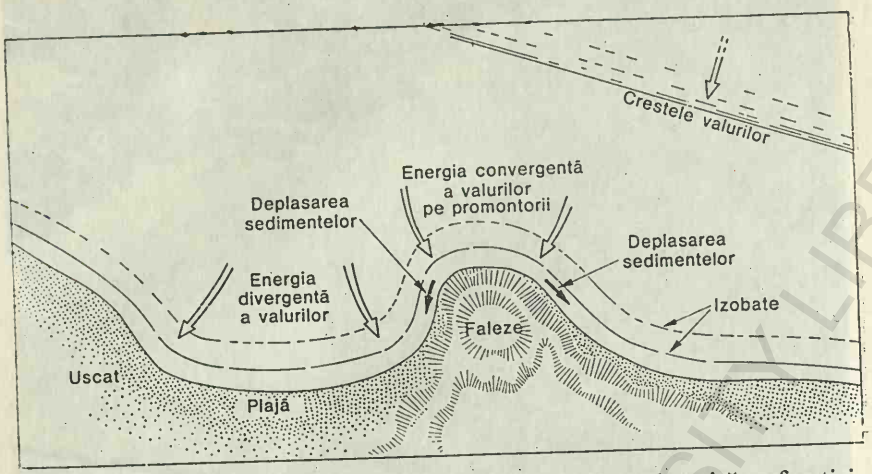


Fig. 8.7 Convergența și divergența energiei valurilor, datorită refracției acestora.

Dacă valurile întîlnesc coasta sub un unghi oarecare, revărsarea apei pe plajă va fi dirijată după un component longitudinal, adică va exista o deplasare netă a apei paralel cu plaja. Acest curent longitudinal de țărm transportă sedimentele de-a lungul plajei. Apa curentului longitudinal (litoral) nu poate fi staționară, drept pentru care se reîntoarce spre larg pe măsură ce este adusă de curentul longitudinal (vezi fig. 7.20). Curentul care ia naștere, numit curent de retur *(ripp current)*, poate transporta spre larg cantități importante de sedimente provenite de pe plajă. Dacă acest material nu este readus de valuri pe plajă, se produce eroziunea gradată a plajei. Multe plaje își pierd sedimentele pentru că sînt situate în apropierea gurii unor canioane submarine (fig. 8.8). Nisipul transportat de curenții longitudinali este interceptat și depus în aceste canioane submarine, de unde este, în continuare, transportat — probabil de alunecări sau de curenți de turbiditate — spre adîncurile mării.

Direcția normală de deplasare a nisipului este în direcția plajei. De obicei, în timpul lunilor de vară, valurile cu perioade mari antrenează nisip de la adîncimi mici pe care îl depun pe plajă. Retragerea apei pe panta plajei produce transportul nisipului spre mare și depunerea rapidă pe fund, de unde poate fi din nou antrenat spre plajă de valurile următoare. Rezultatul net este depunerea materialului sedimentar pe plajă. În timpul valurilor mari, nisipul este menținut

în suspensie, depunerea fiind împiedicată datorită perioadei mici a valurilor. Prin urmare, o mare parte a nisipului spălat de pe plajă în cursul retragerii apei va fi depus numai cînd ajunge în zonele de apă adîncă, adică în afara zonei de acțiune a valurilor următoare. În general, această situație se produce în timpul iernii, avînd ca rezultat pierderea nisipului de plajă (vezi fig. 8.5).

Mare parte a nisipului de plajă provine de pe fundul mării, dar sursa sa originală este uscatul, de unde este transportat spre ocean de rîuri, vînt, ghețari sau rezultă din eroziunea falezei. Astăzi, în multe regiuni din lume, numai foarte mici cantități de material sedimentar sînt transportate în ocean. Aceasta se datorează ridicării recente a nivelului mării, care a făcut ca numeroase rîuri să se verse direct în estuarele lor, nu în ocean, depunîndu-și mare parte a sarcinii lor sedimentare în estuar.

Panta plajei este legată de granulozitatea sedimentelor sale. După cum rezultă din tabelul 8.1, cu cît este mai grosieră granulația cu atît este mai abruptă fața plajei. Plajele de pietriș sînt caracteristice în sectoarele cu valuri puternice, unde nisipul și sedimentele mai fine au fost duse de valuri

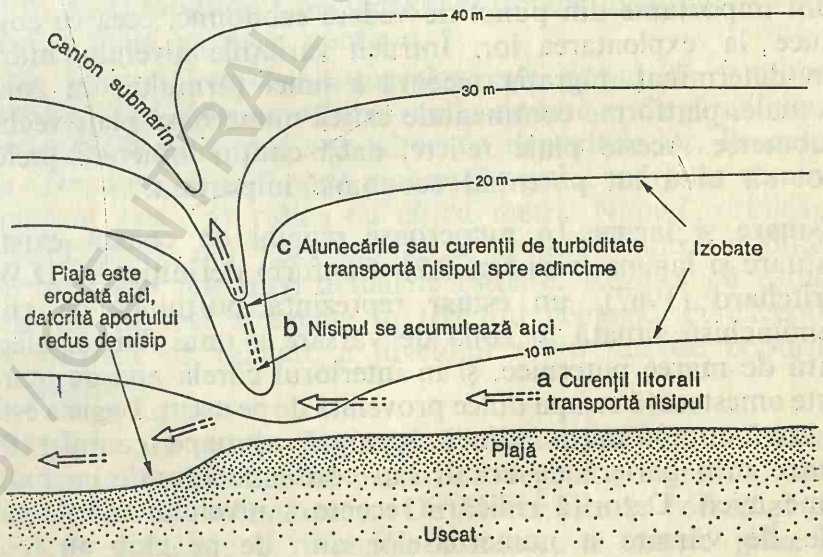


Fig. 8.8 Migrația sedimentelor de plajă. Îndepărtarea sedimentelor de pe o plajă datorită prezenței unui canion submarin în apropierea țărmului.

în largul mării, sau în sectoarele unde a fost transportat numai puțin nisip spre plajă.

TABELUL 8.1 RELAȚIA DINTRE PANTA PLAJEI ȘI DIAMETRUL PARTICULELOR SEDIMENTARE (după SHEPARD, 1963)

Tipul sedimentului	Diametrul (mm)	Panta medie a plajei
Nisip foarte fin	1/16—1/8	1^0
Nisip fin	1/8—1/4	3^0
Nisip mediu	1/4—1/2	5^0
Nisip grosier	1/2—1	7^0
Nisip foarte grosier	1—2	9^0
Galeți mici *(granules)*	2—4	11^0
Galeți medii *(pebbles)*	4—64	17^0
Galeți mari *(cobblec)*	64—256	24^0

Pe unele plaje, valurile antrenează granulele de nisip cu densitate relativ mică, lăsînd în urma lor un depozit nisipos cu densitate ridicată constituit din minerale grele (minerale a căror densitate este mai mare decît 2,9 g/cm^3; densitatea cuarțului, componentul cel mai obișnuit al nisipului de plajă, este de 2,65 g/cm^3). Uneori acumulările de minerale grele sînt importante din punct de vedere economic, ceea ce conduce la exploatarea lor. Întrucît variațiile nivelului mării au determinat migrația recentă a liniei țărmului, în zona actualei platforme continentale există numeroase plaje vechi, submerse. Aceste plaje relicte, dacă conțin minerale grele, pot să aibă un potențial economic important.

Estuare și lagune. În numeroase regiuni de coastă există estuare și lagune (vezi fig. 8.2). Conform definiției lui D.W. Pritchard (1967), un **estuar** reprezintă porțiunea de apă semiînchisă situată în zona de vărsare a unui fluviu, afectată de maree puternice, și în interiorul căreia apa de mare este amestecată cu apa dulce provenită de pe uscat. **Laguna** este o zonă cu apă puțin adîncă separată aproape complet de mare prin barieră de corali sau cordoane litorale cu înălțime mică. Datorită ridicării recente a nivelului mării, gurile de vărsare a numeroaselor rîuri de pe glob au fost inundate, ele vărsîndu-se acum în estuare. K.O. Emery, în 1967, a observat că distribuția estuarelor și a lagunelor

depinde de caracterele regionale ale platformei continentale și ale regiunilor de coastă. Estuarele apar acolo unde platformele continentale și regiunile de coastă sînt înguste și au relief mai accidentat, în timp ce prezența lagunelor este legată de platformele și regiunile de coastă largi și plate. Această distribuție este logică dat fiind că numeroase estuare reprezintă văi fluviale sau văi glaciare (fiorduri) submerse, iar lagunele au luat naștere datorită formării cordoanelor litorale în regiunile cu relief jos.

Ca și plajele și alte elemente ale regiunii de coastă, estuarele și lagunele au caracter temporar. Cu timpul, ambele vor dispărea prin transformarea lor în mlaștini datorită depunerilor generate de curenții mareici sau prin retragerea liniei de coastă datorită eroziunii marine. În primul caz, se formează mlaștini de apă dulce în zonele dinspre uscat și mlaștini sărate în zona cordoanelor litorale, ce tind să închidă partea dinspre mare a estuarului. Estuarele și fiordurile tăiate în rocă solidă nu sînt afectate de aceste procese. În multe cazuri, rîurile își colmatează estuarele cu cantitățile mari de mîl și argile pe care le transportă de pe uscat. În plus, cantități importante de material sedimentar pot fi aduse în estuar și din zonele de larg. Prin urmare, dacă estuarul constituie un important canal de navigație, ca în cazul Golfului Chesapeake, el trebuie menținut deschis prin dragaje aproape continui.

Se pare că viitorul estuarelor este destul de sumbru. Dacă nivelul mării ar coborî, multe estuare ar dispărea, fiind înlocuite de rîuri care s-ar adînci în depozitele lor. Procesul de colmatare nu ar fi oprit nici dacă nivelul mării ar rămîne constant sau s-ar ridica cu cîțiva metri. Numai o ridicare considerabilă, dar improbabilă, a nivelului mării ar putea menține sau reîntineri actualele estuare. Rezultă că estuarele nu au fost frecvente în trecutul geologic, cu excepția perioadelor de ridicare a nivelului mării sau de coborîre a uscatului.

Mlaștinile. În numeroase regiuni de coastă, supuse acțiunii mareelor și acoperite parțial cu vegetație higrofilă, apar cîmpii litorale mlăștinoase. De obicei, ele se formează în locurile protejate de valurile brizante, în zonele joase și umede. În general, există un echilibru între mlaștină și o rețea de canale prin care străbat curenții de maree.

După A.C. Redfield, dezvoltarea unei cîmpii litorale mlăștinoase este influențată de următorii factori principali:

1) Domeniul de variație al mareei;
2) Fiziologia plantelor care produc turbă în funcție de nivelul mareei;
3) Procesele de sedimentare de pe cîmpia tidală mlăștinoasă și din cadrul zonei de dezvoltare a plantelor;
4) Variația nivelului mării față de uscat.

Cele mai multe cîmpii litorale mlăștinoase au numai cîteva specii vegetale, dar acestea sînt de obicei abundente. Zonarea plantelor, obișnuită în cele mai multe mlaștini, depinde de perioada cît acestea sînt acoperite de apa mării (regimul hidraulic) (tabelul 8.2). Planta *Zostera* (vezi fig. 6.11) este în cea mai mare parte a timpului acoperită de apă. Mergînd către nivele cu poziții mai ridicate ale mlaștinei, secvența obișnuită a plantelor este: *Spartina*, *Salicornia* și *Distichlis*.

TABELUL 8.2 ZONAREA TIPICĂ A PLANTELOR ÎNTR-O MLAȘTINĂ SĂRATĂ

Planta	Expunere
Zostera	Tot timpul submersă
Spartina	Submersă de două ori pe zi
Salicornia	Submersă o dată pe zi
Distichlis	Submersă de cîteva ori pe lună

Dacă s-ar face un foraj într-o mlaștină, s-ar putea determina modul de formare a acesteia. De exemplu, dacă *Spartina* ar fi găsită deasupra plantei *Salicornia*, aceasta ar indica o ridicare relativă a nivelului mării în zona mlaștinei, căci *Spartina* este adaptată la sărătură, deci se dezvoltă mai aproape de nivelul mării decît *Salicornia*.

Acumularea în mlaștină a unei mari cantități de plante, ca *Salicornia* și *Spartina*, conduce la formarea unui depozit sau sol numit turbă. Întrucît turba se formează la nivelul mării sau în apropierea acesteia, prezența sa indică poziția nivelului mării în trecutul geologic. Datorită recentei ridicări a nivelului mării, numeroase depozite de turbă au rămas în părțile puțin adînci ale platformei continentale.

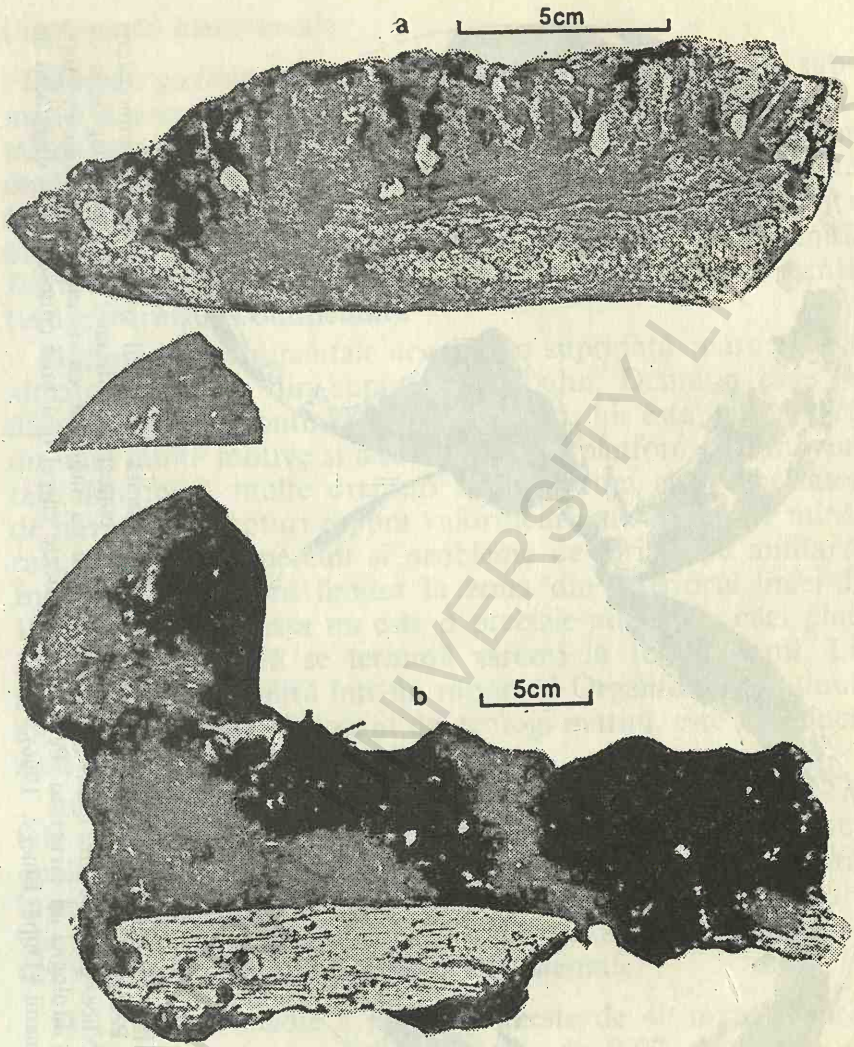


Fig. 8.9 Turbă de apă dulce colectată de pe platforma continentală din nord-estul Statelor Unite, în apropiere de Capul Cod. Orificiile din partea superioară a fotografiei a) sînt datorate pelecipodelor. Masa fibroasă din fotografia b) include o bucată de lemn (Emery și colab., *Science 158*, decembrie 1967: 1304. Drepturi de publicare, 1967, ale Asociației americane pentru progresul științei).

Studii ale turbei de apă dulce colectată de pe platforma continentală din partea de nord-est a Statelor Unite arată că aceasta era acoperită cu vegetație terestră în urmă cu circa 11 000 de ani (fig. 8.9).

Fig. 8.10 Distribuția mondială a platformelor continentale cu lărgime importantă și gradul comparativ al cunoașterii lor din punct de vedere geologic. Pentru cele indicate ca puțin cunoscute (1), cunoștințele de care dispunem depășesc cu puțin stadiul informațiilor topografice generale. În cazul celor considerate ca moderat cunoscute (2) există cunoștințe suplimentare asupra sedimentelor, litologiei și structurii. Pentru cele indicate ca cel mai bine cunoscute (3) dispunem de informații din toate cele patru domenii (După Emery, 1966).

BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Platformele continentale

Platforma continentală (sau șelf) reprezintă marginea submersă a uscatului ce înclină ușor spre povîrnișul continental și care, cu unele întreruperi, urmărește de jur împrejur continentele și insulele (fig. 8.1). Platformele pot fi imaginate ca niște cîmpii, în general netede, care se termină spre limita exterioară printr-o schimbare bruscă de pantă, numită *flexură continentală* (*shelf break*), de unde începe panta (sau povîrnișul continental).

Platformele continentale acoperă o suprafață mare: aproximativ o șesime din suprafața globului. Definiția care se dă platformelor continentale și întinderii lor este importantă din mai multe motive și anume: poziția platformei continentale determină multe drepturi marine, cum ar fi libertatea de navigație, drepturi asupra valorificării zăcămintelor minerale, drepturi de pescuit și probleme de jurisdicție militară. În trecut, șelful era limitat la zona din interiorul liniei de 100 fathomi. Aceasta nu este o precizie adecvată, căci platforma continentală se termină rareori la 100 fathomi. Limita actuală, stabilită într-un raport al Organizației Națiunilor Unite din 1957 întocmit de geologi marini, este la adîncimea de 300 fathomi.

În anumite zone (fig. 8.10), relieful platformei continentale este destul de bine cunoscut, ceea ce permite să se facă unele generalizări. Topografia acestor platforme prezintă, în general, neregularități, constînd din numeroase mici dealuri, văi și depresiuni. Shepard (1963) dă următoarele date statistice privitoare la platformele continentale:

1) Lărgimea medie a platformei este de 40 mile nautice.
2) Panta medie a platformei este de 0°07′ (înclinare ce nu poate fi observată cu ochiul liber).
3) Adîncimea medie, în zona celei mai mari schimbări de pantă, este de 72 fathomi.
4) În profilele pe care le-a examinat, dealurile cu înălțimi de cel puțin 10 fathomi reprezintă 60%, iar depresiunile de cel puțin 10 fathomi reprezintă 35%.

Deși platformele continentale de pe glob au aspecte variate, există două tipuri predominante: 1) platforme care au suferit o modelare glaciară și 2) platforme care n-au fost afectate de glaciație. Să ne amintim că cele mai multe plat-

forme au suferit o emersiune recentă, datorită variațiilor pleistocene ale nivelului mării. Cînd a început să se ridice nivelul mării, aproximativ acum 20 000 de ani, linia țărmului a migrat de la ceea ce constituie acum limita externă a multor platforme continentale la poziția actuală. De aceea, istoria recentă a multor platforme nu este pe deplin lămurită. O dificultate suplimentară în studiul platformelor o constituie faptul că unele dintre ele sînt instabile, adică au fost afectate de mișcări verticale independente de variațiile nivelului mării. Un exemplu îl constituie anumite părți ale coastei Californiei, unde plaje formate recent apar la cîțiva metri deasupra actualului nivel al mării, indicînd faptul că această regiune s-a ridicat mai rapid decît nivelul mării.

Atît platformele modelate de ghețari, cît și cele care n-au fost supuse glaciației, au fost afectate de ridicarea nivelului mării, dar numai în primul caz sînt evidente efectele directe ale ghețarilor. Un exemplu este reprezentat de coasta de nord-est a Statelor Unite (fig. 8.11). În partea de nord-est, platforma a suferit influențe glaciare; adică, ghețarii au acoperit și erodat platforma în perioadele în care nivelul mării era coborît (fig. 8.12). Eroziunea este indicată de numeroasele bancuri, bazine și văi care există pe platformă. Relieful neregulat al platformei din zona Nova Scotia și a Golfului Maine reprezintă o indicație că și zona Georges Bank ar fi putut fi acoperită de ghețari, dar această zonă, avînd adîncime mică și fiind expusă acțiunii de nivelare a valurilor și mareelor, au rămas puține dovezi ale unei posibile influențe glaciare. Canalul dintre Georges Bank și platforma Nova Scotia a fost săpat de un ghețar. Faptul că acestă regiune ar fi fost acoperită de ghețari este indicat, de asemenea, de amestecul de sedimente grosiere și fine găsite în Golful Maine (fig. 8.13). Granulozitatea foarte variată reprezintă un caracter tipic al depozitelor glaciare.

La sud de Capul Cod, mai exact în zona Long Island (vezi fig. 8.12), caracterul platformei suferă o schimbare bruscă. Dispar bazinele adînci, canalurile și bancurile care există mai spre nord, iar relieful devine relativ neted. Acesta este un exemplu de platformă neafectată de glaciație, în general mai netedă decît tipul glaciar, deși pot să apară unele forme de relief datorate curenților puternici, canioanelor submarine, sau cutării și falierii (fig. 8.14).

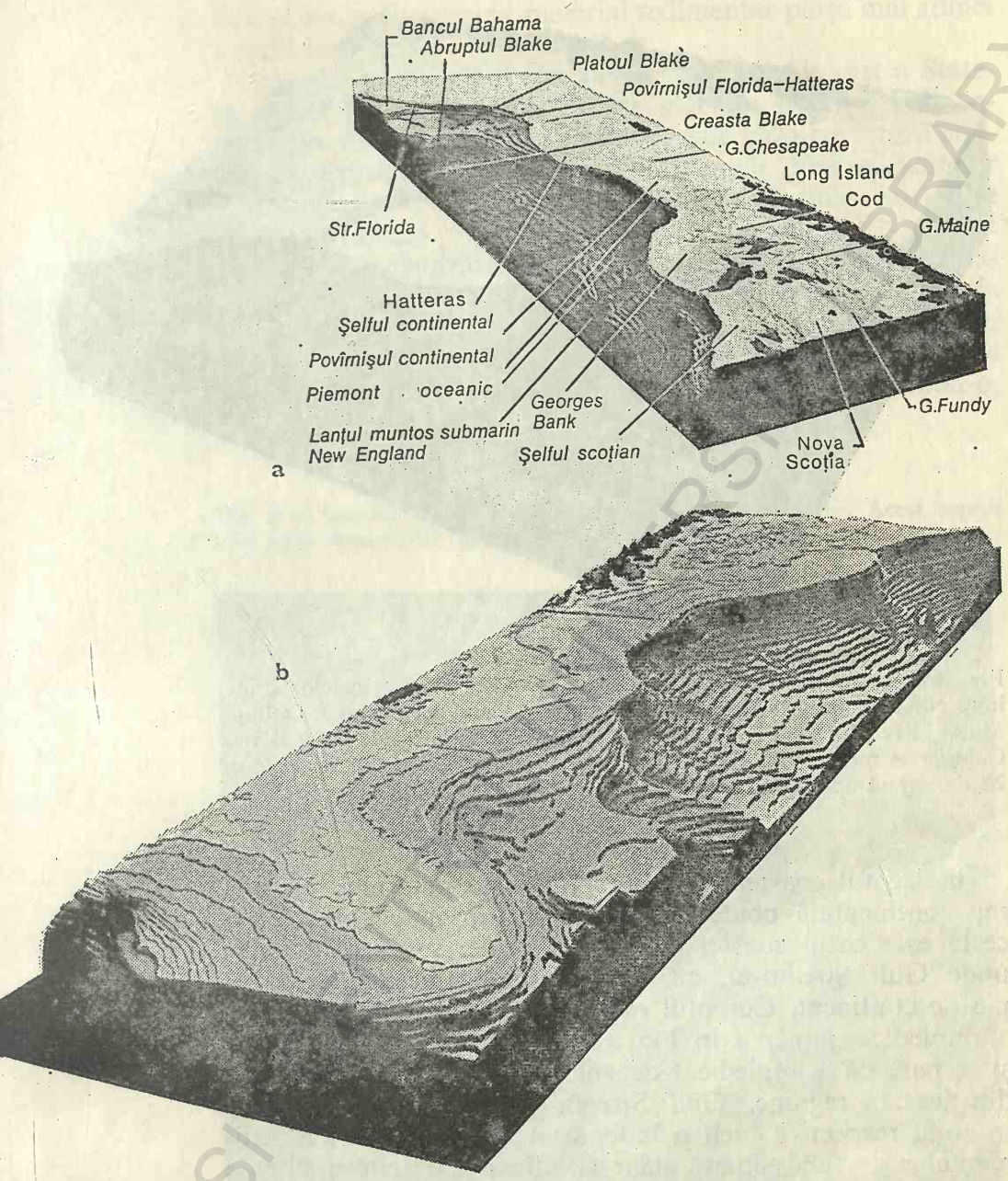


Fig. 8.11 Harta în relief a coastei de est a Statelor Unite: a) Privit dinspre nord; b) Privit dinspre sud. Culoarea se schimbă la 200 m (aproximativ la marginea platformei continentale), la 2000 m şi la 4000 m. Exagerare verticală de 20 de ori (Model construit după hărţile batimetrice publicate de Uchupi, 1965).

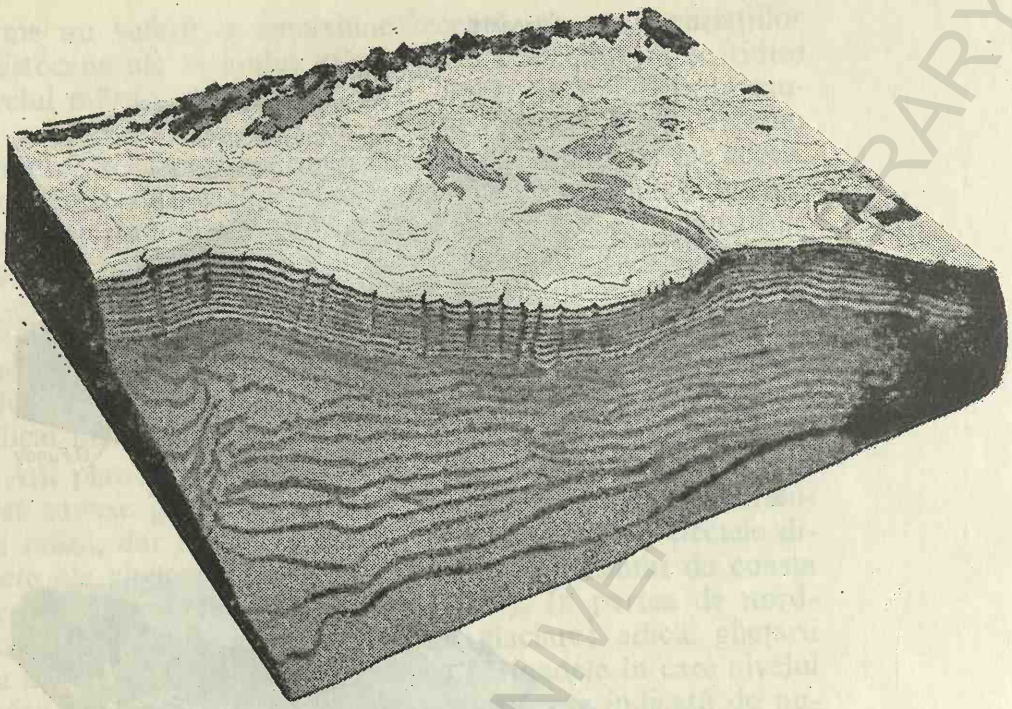


Fig. 8.12 Harta în relief a părţii de nord a coastei estice a Statelor Unite, între Nova Scotia şi New York. De remarcat relieful accidentat al Golfului Maine şi relieful şters al platformei continentale de la est de Long Island. Culorile se modifică la 200 m, 2000 m şi 4000 m. Exagerare verticală de 20 de ori (După hărţi publicate de E. Uchupi, 1965).

În dreptul coastelor cu curenţi foarte puternici, platforma continentală poate fi îngustă sau aproape absentă. Acesta este cazul coastei de est a Floridei sudice (fig. 8.15) unde Gulf Stream-ul, cu viteză pînă la 6 noduri, se apropie de continent. Curentul este suficient de puternic pentru a împiedica punerea în loc a celor mai multe sedimente şi se pare că a împiedicat dezvoltarea normală a platformei din această regiune. Gulf Stream-ul este aşa de puternic în zona respectivă încît a îndepărtat o bună parte a sedimentelor de fund situate chiar la adîncimi de cîteva sute de fathomi, pe Platoul Blake.

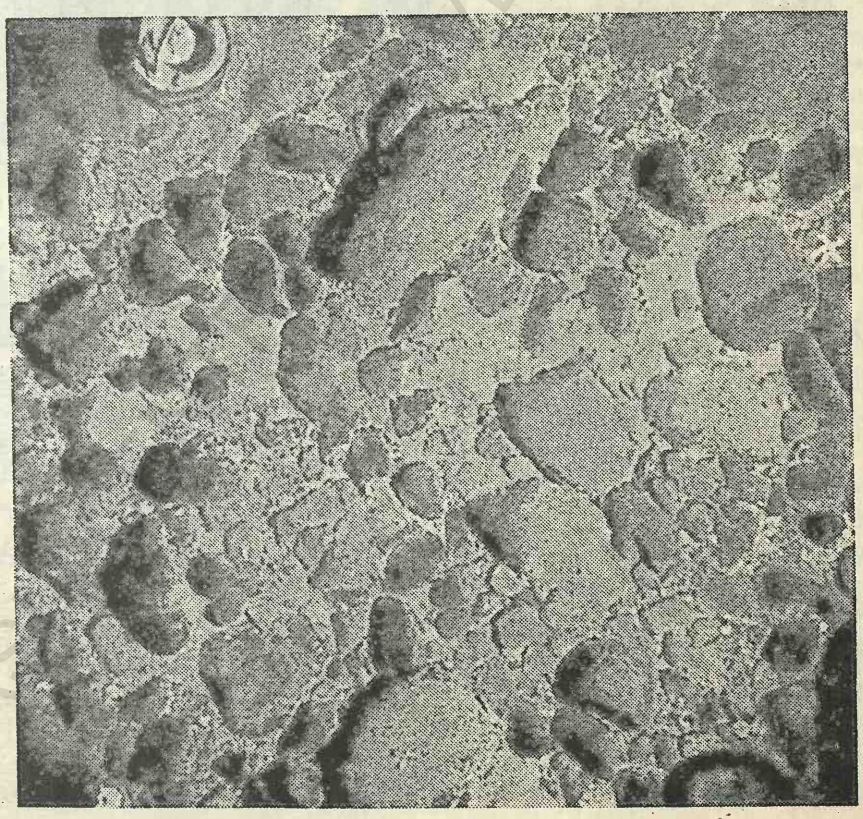
Alt tip de platformă continentală este cea din vecinătatea fluviilor mari, cu delte. De exemplu, fluviul Mississippi a construit o deltă care a avansat mult pe platforma continen-

tală și acum furnizează material sedimentar părții mai adînci a golfului Mexic.

Cele mai multe platforme din fața coastei de vest a Statelor Unite nu au suferit influențe glaciare și sînt relativ înguste. În multe regiuni ele sînt acoperite cu o cuvertură subțire de sedimente. Platformele continentale din fața statelor Washington și British Columbia manifestă unele caractere glaciare evidente.

Înainte de realizarea aparaturii geofizice avansate de care dispun acum oceanografii, era foarte răspîndită concepția conform căreia platformele continentale au luat naștere prin combinația proceselor de eroziune și de depunere datorate valurilor. Acționînd asupra liniei de coastă, valurile ar eroda-o,

Fig. 8.13 Sedimente grosiere fotografiate în Golful Maine. Acest aspect este ,tipic depozitelor glaciare.



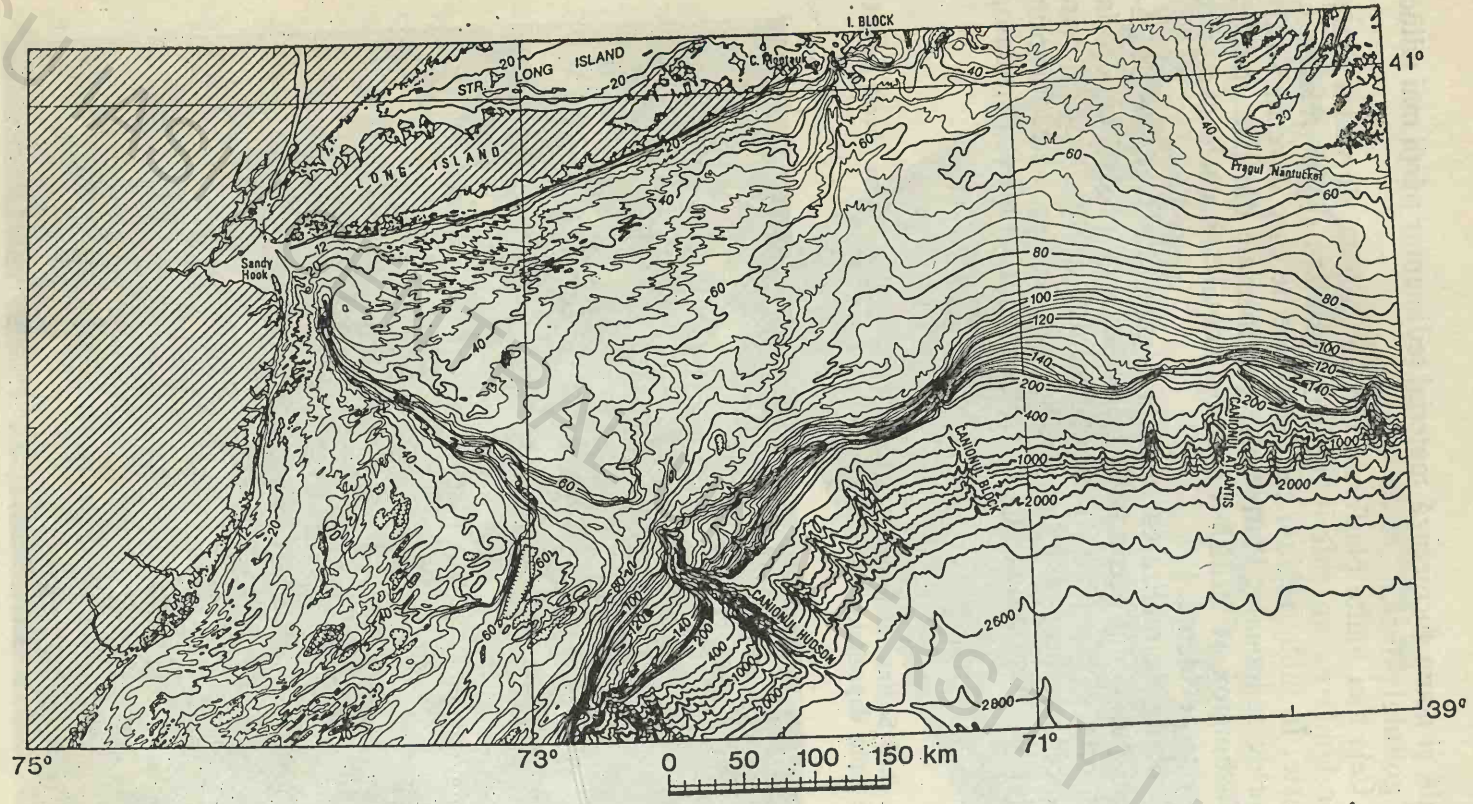


Fig. 8.14 Harta batimetrică a platformei continentale Long Island. Se observă relieful creat prin prelungirea, în zona platformei continentale, a canionului Hudson și, posibil, a canionului Block. Alte neregularități ale reliefului sînt datorate curenților care au îndepărtat sedimentele, formînd mici creste și văi (echidistanța izobatelor în metri) (După E. Uchupi, 1965).

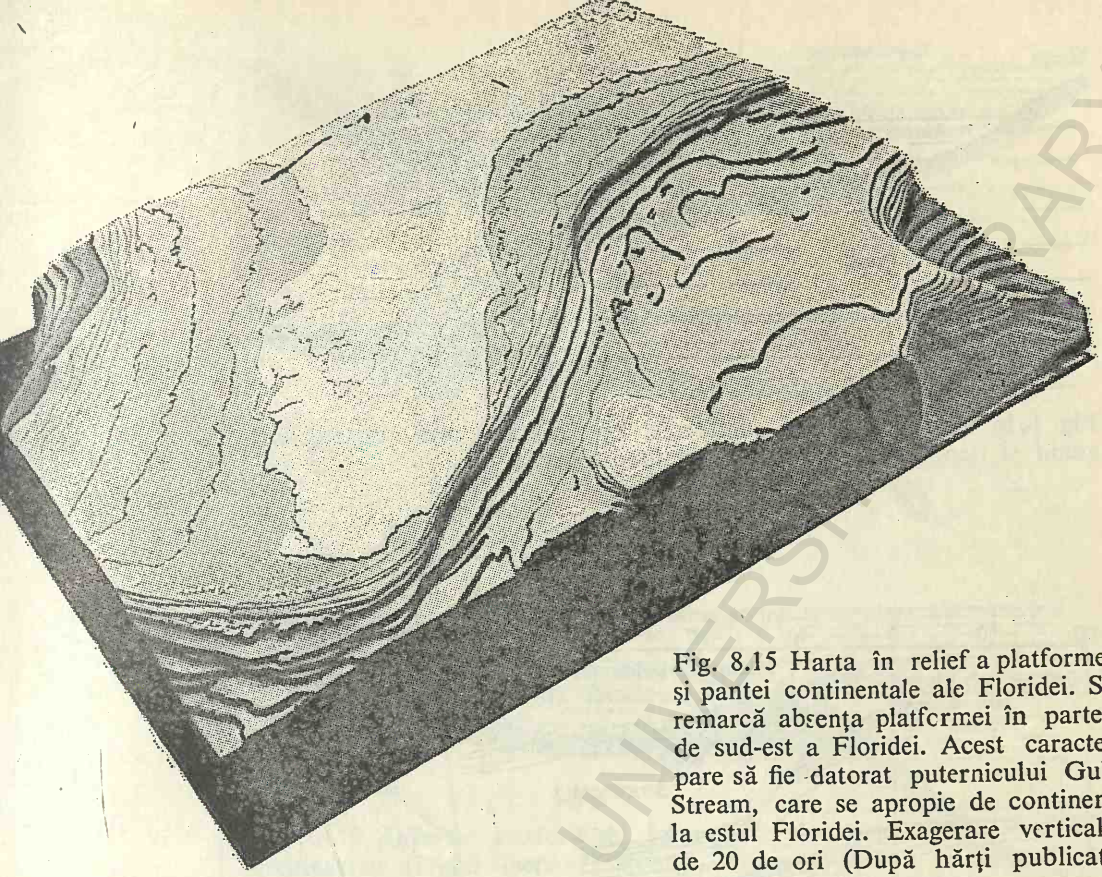


Fig. 8.15 Harta în relief a platformei și pantei continentale ale Floridei. Se remarcă absența platformei în partea de sud-est a Floridei. Acest caracter pare să fie datorat puternicului Gulf Stream, care se apropie de continent la estul Floridei. Exagerare verticală de 20 de ori (După hărți publicate de Uchupi, 1965).

formînd o terasă, iar materialul rezultat prin abraziune ar fi transportat la limita dinspre larg a platformei (fig. 8.16). Această ipoteză s-a dovedit a fi nefundamentată, mai ales în lumina noilor date furnizate de înregistrările profilelor seismice continui (PSC). Aceste înregistrări au arătat că structura multor platforme continentale variază considerabil și că o ipoteză unică nu este adecvată. Înregistrările obținute pe coasta de est a Statelor Unite (fig. 8.17) ilustrează cîteva dintre diferitele structuri observate. Profilul 34, înregistrat pe platforma continentală Nova Scotia, pune în evidență o succesiune de strate subțiri care se îngroașă spre părțile mai adînci ale pantei continentale. Profilul 55, din dreptul zonei Georges Bank, și profilul 130, de la est de Capul Hatteras, indică o trunchiere bruscă a stratelor la marginea pantei continentale. Deși de natură diferită, o oarecare trunchiere apare și în profilul 118, din dreptul regiunii Delaware.

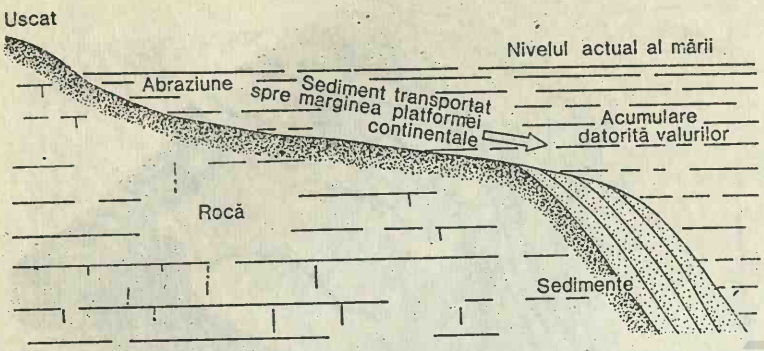


Fig. 8.16 Schema formării platformei continentale prin ipoteza eroziunii şi depunerii ca urmare a acţiunii valurilor.

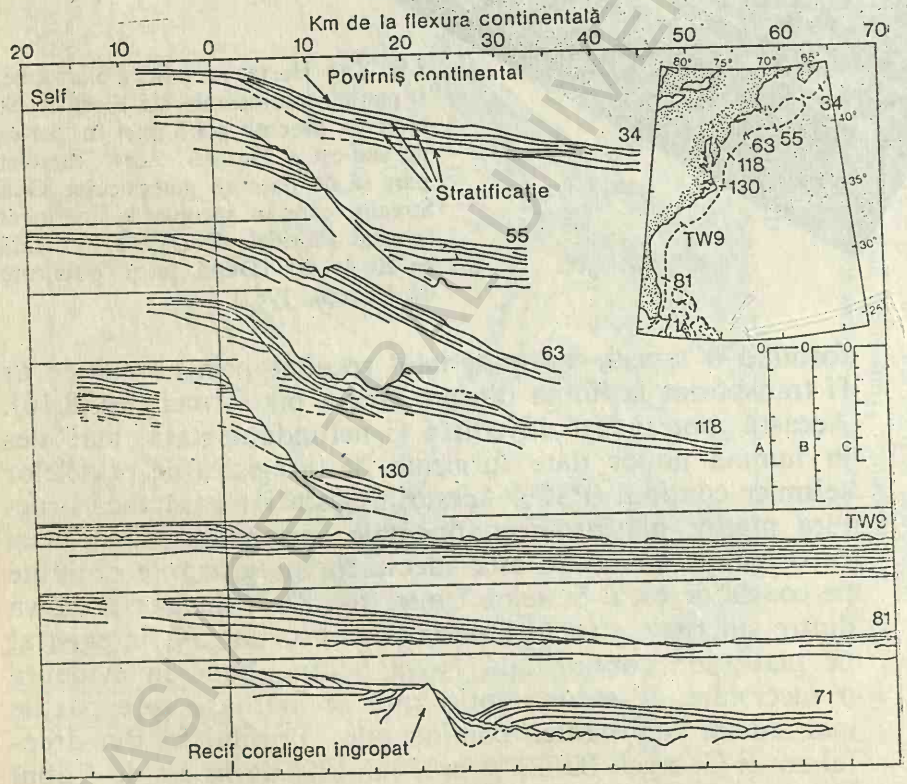


Fig. 8.17 Profile seismice continui înregistrate în diferite sectoare ale platformei şi povîrnişului continental ale Statelor Unite. Liniile redau dispoziţia stratificaţiei (După Emery, 1967).

BCU IASI CENTRALA UNIVERSITY LIBRARY

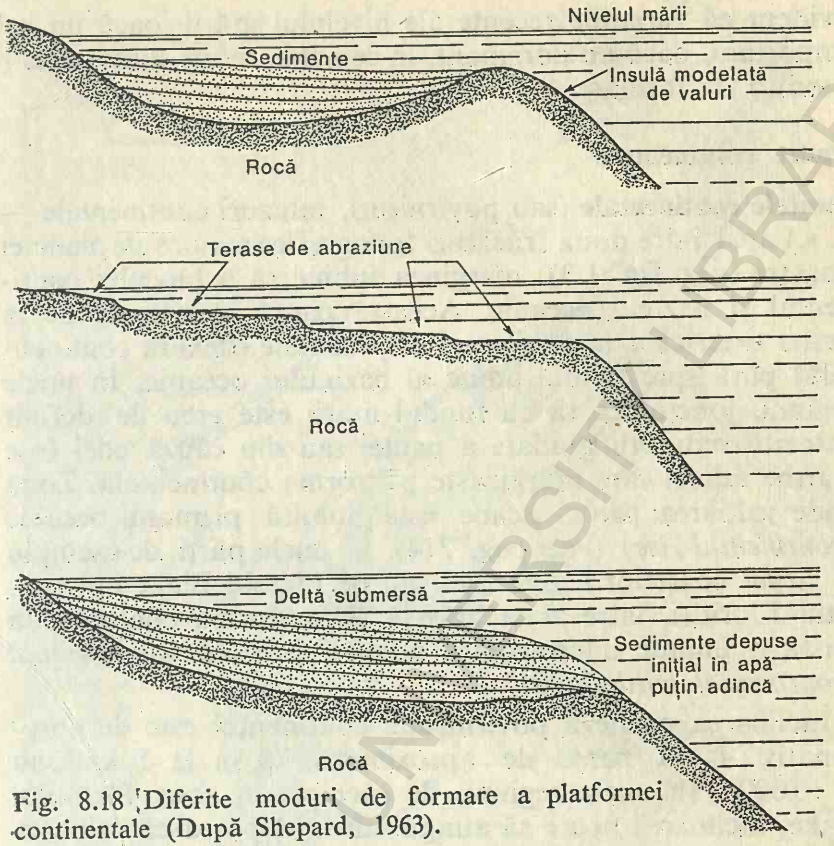


Fig. 8.18 Diferite moduri de formare a platformei continentale (După Shepard, 1963).

Profilul 63, înregistrat în zona Long Island, reprezintă un tip intermediar, stratele reflectante fiind paralele cu povîrnișul și cu platforma. Profilele TW 9 și 81, din largul Californiei de sud și Floridei, exemplifică formarea platformei și pantei continentale prin avansarea progresivă a zonei de acumulare dinspre uscat spre ocean. Profilul 71, din sudul Floridei, are caracter complex, marcînd terase acoperite de sedimente. La aproximativ 20 km de marginea externă a acestei platforme se pare că există un recif îngropat. Profilele arată că, în această regiune, platforma continentală a luat naștere mai ales prin sedimentare, dar că procesul este complex și diferă de la o regiune la alta. În fig. 8.18 sînt indicate alte moduri de formare a platformei. Datele rezumate mai sus conduc la concluzia că sînt posibile numeroase moduri de formare a platformei continentale. Este

evident că variațiile recente ale nivelului mării joacă un rol important, dacă nu dominant, în cele mai multe dintre aceste moduri de formare.

Pante continentale

Pantele continentale (sau povîrnișuri, taluzuri continentale — *n. r.*) apar între două trăsături topografice majore ale planetei noastre (vezi fig. 1.3): marginea submersă a blocului continental și bazinul oceanic. Această pantă se extinde de la limita exterioară a platformei continentale (flexura continentală) pînă spre fundul adînc al bazinului oceanic. În unele regiuni, joncțiunea sa cu fundul mării este greu de definit datorită reducerii gradate a pantei sau din cauza unei fose marine adînci care mărginește platforma continentală. Zona unde valoarea pantei scade este numită piemont oceanic *(continental rise)* (vezi pag. 314). În unele părți, de exemplu în largul coastelor Californiei sau pe Platoul Blake din sud-estul Floridei, între zona abisală și platforma continentală există o unitate intermediară numită *bordură continentală (continental borderland)*[3].

Înclinarea medie a povîrnișului continental este de aproximativ 4° (o pantă de aproximativ 70 m la 1 km sau 70 : 1000). În unele regiuni, de exemplu în zona Platoului Blake, înclinarea poate să atingă sau să depășească valoarea de 20° (vezi fig. 8.15). Dimpotrivă, în fața rîurilor mari și a deltelor, înclinarea pantei continentale este mică, avînd valori pînă la 1°. Shepard a observat că zona coastelor de origine tectonică rupturală are șelfuri înguste, iar media înclinării pantelor continentale este în jur de 5,6°; pantele din dreptul țărmurilor muntoase au înclinări medii de 4,6°; în fața țărmurilor stabile înclinarea medie este de aproximativ 3°, iar pantele deltelor importante au înclinări medii

[3] *Continental borderland* (*zonă periferică continentală* sau *bordură continentală*) reprezintă o noțiune nouă pentru literatura geologică românească. Acest termen se aplică în două situații distincte: a) Semnificația originală, datorată lui Shepard și Macdonald (1938), se referă la zonele situate în cadrul platformei continentale, care prezintă un relief cu adîncimi mult mai mari decît cele caracteristice platformei (de exemplu zona Californiei de sud); b) În zona periferică continentală sînt încadrate și elementele morfologice de tipul teraselor din apropierea platformei continentale, dar care apar la adîncimi mai mari (de exemplu Platoul Blake). B.C.Heezen, M. Tharp și M. Ewing (1959) consideră că aceste caractere morfologice reprezintă o categorie separată a platourilor marginale. — *D.J.*

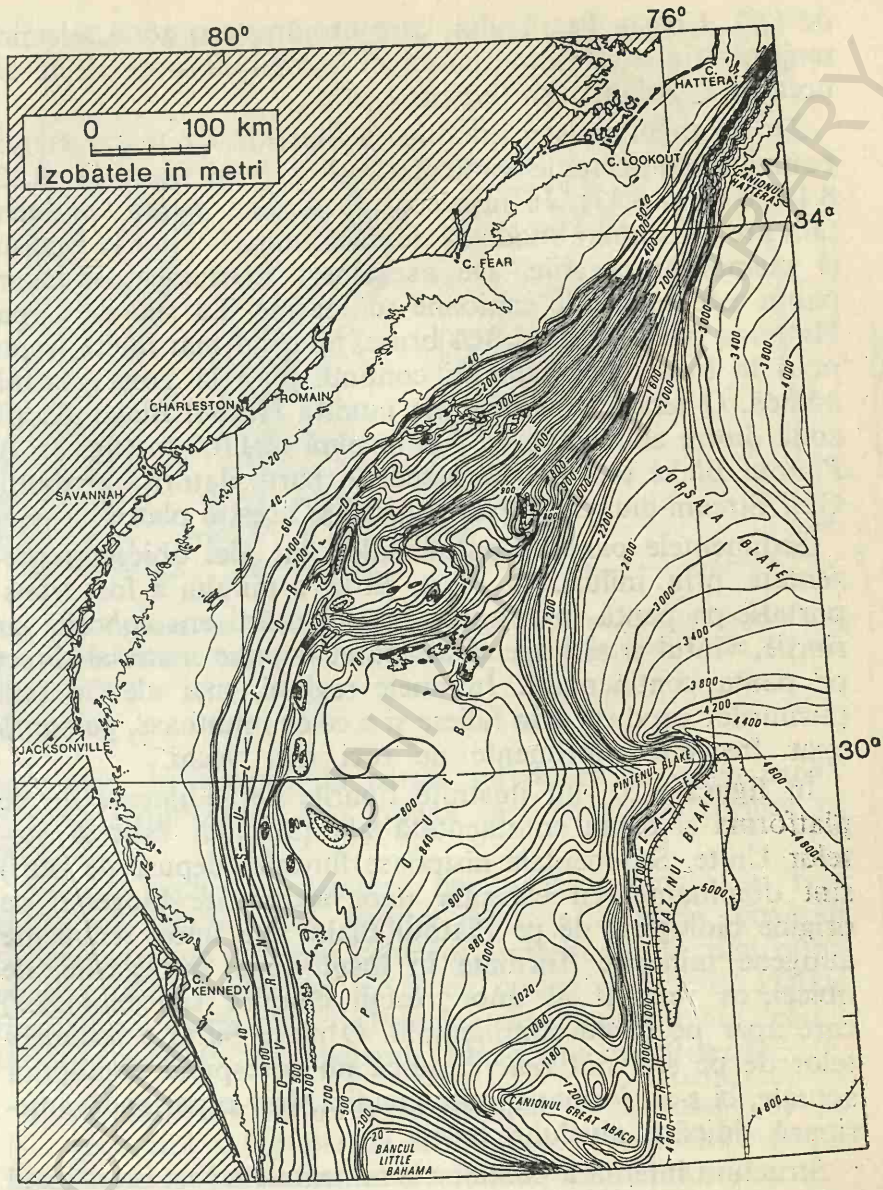


Fig. 8.19 Harta batimetrică de detaliu a regiunii Platoului Blake. Această zonă largă întrerupe panta continentală divizînd-o în două părți. O asemenea regiune intermediară este numită bordură continentală *(continental borderland)* (După Uchupi, 1967).

BCU IASI / LIBRARY

de 1,3°. Coasta Pacificului, care urmărește o zonă seismică majoră, tinde să aibă pante ceva mai abrupte decît ale oceanelor Atlantic și Indian.

De-a lungul coastei atlantice a Statelor Unite caracterele pantelor continentale variază simțitor (vezi fig. 8.11, 8.12, 8.14, 8.15 și 8.17). În fața coastei nordice, panta continentală are o înclinare modestă de maximum 5° pînă la glacisul și piemontul oceanic. De asemenea, în numeroase locuri panta este tăiată de canioane submarine. La sud de Capul Hatteras panta se modifică brusc, apărînd mai multe trepte mari în locul unei înclinări continui pînă la zona marină adîncă. O terasă proeminentă, numită Platoul Blake, ocupă zona dintre adîncimile de 700 m pînă la 1100 m (fig. 8.19). Platoul Blake este relativ neted, în parte datorită eroziunii Gulf Stream-ului care spală suprafața acestui platou.

Sedimentele pantei continentale sînt, de obicei, reprezentate prin mîluri. O mare parte a mîlului a fost transportată pe pantă în timp ce nivelul mării era coborît, iar rîurile, vîntul și alți agenți au putut depune material direct pe panta continentală. În unele regiuni, mai ales în fața țărmurilor produse prin faliere și a celor muntoase, pe pantă apar frecvent aflorimente de roci mai vechi.

În figura 8.20 sînt ilustrate tipurile de sedimente de pe platforma și panta continentală ale țărmului estic al Statelor Unite. Sedimentele nisipoase fluviale (depuse de rîuri) sînt dominante, cu excepția unor sedimente biogene (de origine biologică) de pe Platoul Blake și a unor sedimente autigene minerale (formate în locul unde sînt găsite, de obicei, ca rezultat al unor reacții chimice sau biologice) care apar pe panta continentală. O mare parte a sedimentelor de pe șelf sînt *relicte*, adică nu corespund condițiilor actuale, ci s-au format în alte condiții, într-o perioadă anterioară ridicării nivelului mării.

Structura internă a pantelor continentale a fost investigată prin metoda reflexiei seismice. Rezultatele recente (vezi fig. 8.17) evidențiază variații considerabile, dar cele mai multe pante continentale se caracterizează printr-un anumit grad de alunecare sau de pierdere a sedimentelor. Fără îndoială că alunecările explică unele aflorimente ale substratului, comune multor coaste. Alte secțiuni seismice pun în evidență succesiuni însemnate de strate înclinate

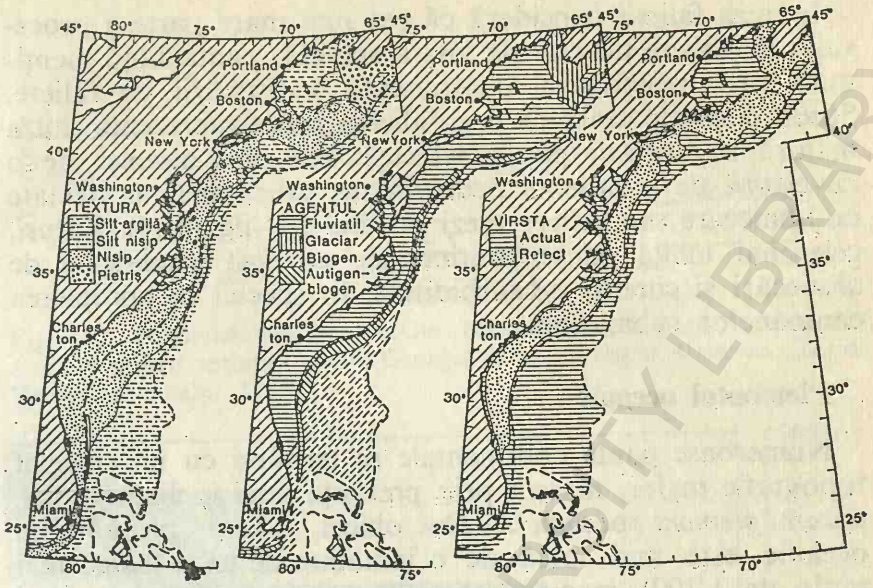


Fig. 8.20 Textura, sedimentogeneza și vîrsta sedimentelor de suprafață de pe platforma și panta continentală din estul Statelor Unite (După Emery, 1966).

spre larg. În general, în partea inferioară a pantei există o stivă sedimentară mai groasă care constituie piemontul oceanic.

Pentru explicarea genezei pantei continentale au fost emise mai multe teorii. Printre ele se află teoria eroziunii și depunerii sub acțiunea valurilor, referitoare la platforma continentală, și diferite teorii de cutare și faliere. Datele favorizează teoria falierii. Principalele argumente ale acestei teorii, prezentate de Shepard (1963), sînt următoarele:

1) Aproximativ 50% dintre pantele continentale de pe glob sînt mărginite de fose adînci; fosele fiind considerate o parte foarte instabilă a crustei terestre.
2) Pantele continentale din regiunile unde nu există fose sînt similare din multe puncte de vedere celor cu fose; fiind și ele afectate de mișcările seismice, ceea ce indică instabilitatea lor.
3) În unele cazuri, pantele continentale intersectează elemente dominante ale uscatului, sugerînd rezultatul unui proces de faliere.

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Ipoteza falierii consideră că cea mai mare parte a procesului de faliere nu este de vîrstă actuală, panta fiind menținută prin reactivarea intermitentă a mișcării de faliere. Studii detaliate arată că deși falierea poate reprezenta cauza majoră a formării pantei, efectele sale sînt ascunse de o cuvertură de sedimente nedisturbate, adică încă neafectate de alunecare sau faliere (vezi profilul 34, fig. 8.14). Totuși, cele mai multe pante continentale au fost modificate de alunecări și curenți de turbiditate, în special în apropierea canioanelor submarine.

Piemontul oceanic

Numeroase pante continentale se termină cu un element topografic major, marcat prin prezența unei înclinări slabe, numit *piemont oceanic*[4]. De obicei, panta piemontului oceanic este mai mică de o jumătate de grad (adică mai puțin de 1/100) media înclinării pantei continentale fiind de aproximativ 7/100. Lărgimea piemontului oceanic variază de obicei între 100 și 1000 km, pe cînd panta continentală are, în medie, 20 km lățime. Heezen și colaboratorii săi au observat că în cazul unor piemonturi oceanice se pot separa o parte superioară și alta inferioară (fig. 8.21). Fiecare parte poate fi divizată în trei secțiuni: o secțiune înclinată, superioară și o secțiune înclinată, inferioară și între ele o secțiune mediană, mai plată. Relieful celor mai multe piemonturi oceanice este foarte jos, în general el fiind întrerupt numai de canioane submarine sau munți submarini.

Investigațiile geofizice efectuate în cele mai multe piemonturi oceanice pun în evidență o secvență sedimentară de formă prismatică — care atinge uneori grosimea de

[4] Termenul *continental rise* se traduce în mod direct prin *ridicare continentală*. Această denumire a fost utilizată pentru prima dată de B. C. Heezen și M. Tharp (1954) pentru a descrie zona cu înclinare mică de la baza pantei continentale. Considerăm că termenul este neadecvat și poate produce confuzii, căci din punct de vedere topografic „rise" înseamnă relief pozitiv de tipul unor creste sau platouri înalte (de exemplu „Bermuda rise").

De aceea propunem ca această importantă noțiune să fie exprimată în limba română prin *piemont oceanic*, căci din punct de vedere genetic și morfologic „continental rise" reprezintă un vast piemont la limita dintre zona continentală și cea oceanică. Termenii piemont continental și glacis continental ar putea fi utilizați ca denumiri sinonime piemontului oceanic. — *D.J.*

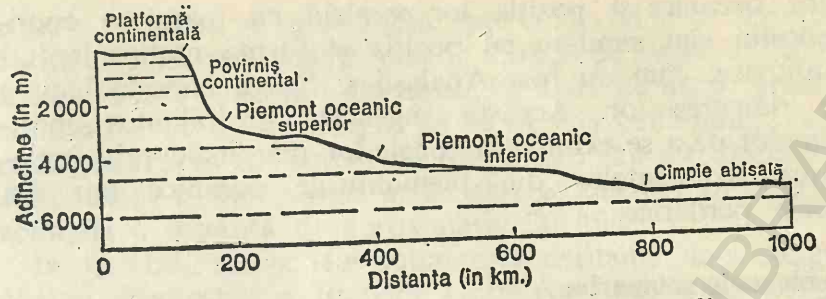


Fig. 8.21 Subdiviziunile piemontului oceanic. Acest profil este reprezentativ pentru regiunea dintre Georges Bank și Capul Hatteras (După Heezen și colab., 1959).

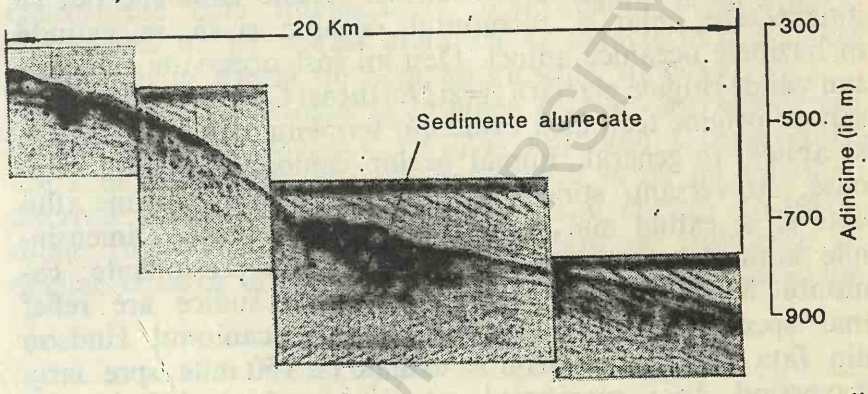


Fig. 8.22 Profile seismice continui care evidențiază prezența unor sedimente alunecate pe piemontul oceanic. Înregistrarea a fost realizată pe povîrnișul și piemontul oceanic de la est de Long Island (După Uchupi, 1967).

10 km. Studii detaliate, utilizînd metode seismice de reflexie (profilare continuă), arată că este posibil ca sedimentele să se fi acumulat în bună parte prin alunecare de pe panta continentală, mai abruptă (fig. 8.22). De asemenea, piemontul oceanic ar putea reprezenta o parte a marginii continentale care a fost odată mai aproape de nivelul mării, ulterior fiind coborîtă, prin faliere, la adîncimea actuală.

Stiva groasă de sedimente care constituie piemontul oceanic a fost comparată cu anumite secvențe existente în multe lanțuri muntoase actuale, sugerîndu-se că, în timpul geologic, piemontul oceanic ar fi putut fi ridicat deasupra nivelului mării și, eventual, forma un lanț muntos. Tendința liniară, pe distanțe mari, a majorității piemontu-

rilor oceanice și poziția lor paralelă cu marginea continentului sînt similare cu poziția și forma multor lanțuri muntoase, cum au fost Apalașii și Sierra Nevada înainte de ridicarea lor. Aceasta sugerează posibilitatea continentelor de a se extinde în zonele lor marginale prin înglobarea sedimentelor din piemonturile oceanice sau din fosele periferice.

Canioanele submarine

Numeroase regiuni ale platformei și pantei continentale sînt tăiate de canioane submarine. Aceste canioane pot să intersecteze chiar și piemontul oceanic și să se extindă în bazinele oceanice adînci. Deși au fost observate canioane sau văi de origine glaciară (vezi Northeast Channel în fig. 8.12), sau de origine tectonică evidentă, termenul canion submarin se aplică, în general, numai acelor canioane care sînt sinuoase, au versanți stîncoși și profile în V, au canioane afluente și se extind mai jos de panta continentală. Dimensiunile anumitor canioane submarine sînt impresionante: canionul Monterey din largul Californiei sudice are relief mai spectaculos decît Grand Canyon; canionul Hudson din fața fluviului Hudson se extinde cu 150 mile spre larg, traversînd apoi piemontul oceanic pe încă 150 de mile ca un canal cu bancuri laterale (îndiguit în mod natural).

Canioanele cele mai bine cunoscute sînt cele din fața coastelor Californiei de sud, în special cele două canioane care apar la mai puțin de o milă depărtare de Institutul Oceanografic Scripps (fig. 8.23), numite canioanele La Jolla și Scripps. Canionul Scripps este un afluent al canionului La Jolla și se află la aproximativ 200 m în fața unui canion terestru. Sedimentele se acumulează la obîrșia canionului submarin, adică în zona din apropierea țărmului, iar în anumite perioade ale anului sînt transportate în zona apelor adînci prin alunecare sau prin alte moduri de deplasare. Această deplasare a sedimentelor a lărgit și a desfundat canionul Scripps. Astfel de procese pot da naștere curenților de turbiditate menționați în capitolul 7. Canioanele La Jolla și Scripps continuă cu versanți abrupți pînă la adîncimea de aproximativ 300 m, circa o milă de la țărm, unde se unesc. Ceva mai departe, relieful versanților abrupți se reduce, iar canionul devine un mic canal tăiat în sedimentele sub-

jacente. Canalul se prelungește spre larg, unde se termină cu un depozit sedimentar gros în formă de evantai. Conul submarin este constituit din cantități mari de nisip grosier stratificat, similar cu nisipul de la obîrșia canionului, ceea ce sugerează că un curent de turbiditate sau alt mecanism asemănător a transportat materialul sedimentar în această zonă, la o distanță de aproximativ 20 mile.

În general, canioanele submarine existente de-a lungul coastei nord-estice a Statelor Unite (vezi fig. 8.12) nu au afluenți și de obicei sînt paralele cu linia de cea mai mare pantă (fig. 8.24), spre deosebire de majoritatea canioanelor californiene care intersectează oblic panta continentală. Canioanele de pe coasta atlantică se caracterizează și ele prin profil în formă de V și aflorimente stîncoase.

Problemele referitoare la originea canioanelor submarine nu sînt complet rezolvate. Plonjori autonomi și cercetătorii din submersibile au observat numeroase urme de eroziune datorate unor curenți puternici, probabil curenți de turbiditate (fig. 8.25). Importanta acumulare de sedimente de origine terestră la capătul dinspre mare al multor canioane

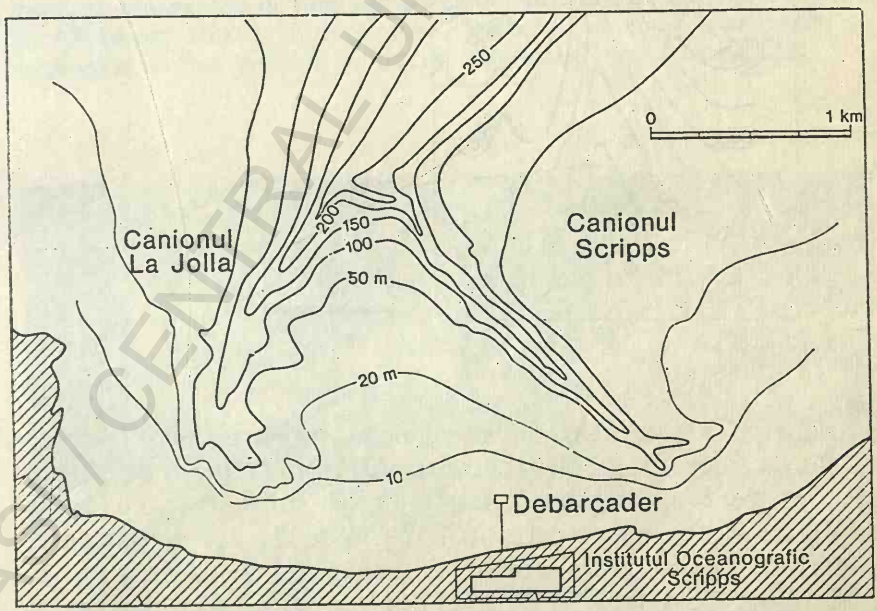


Fig. 8.23 Canioanele submarine Scripps și La Jolla, din apropierea Institutului Oceanografic Scripps (După Shepard și colab., 1964).

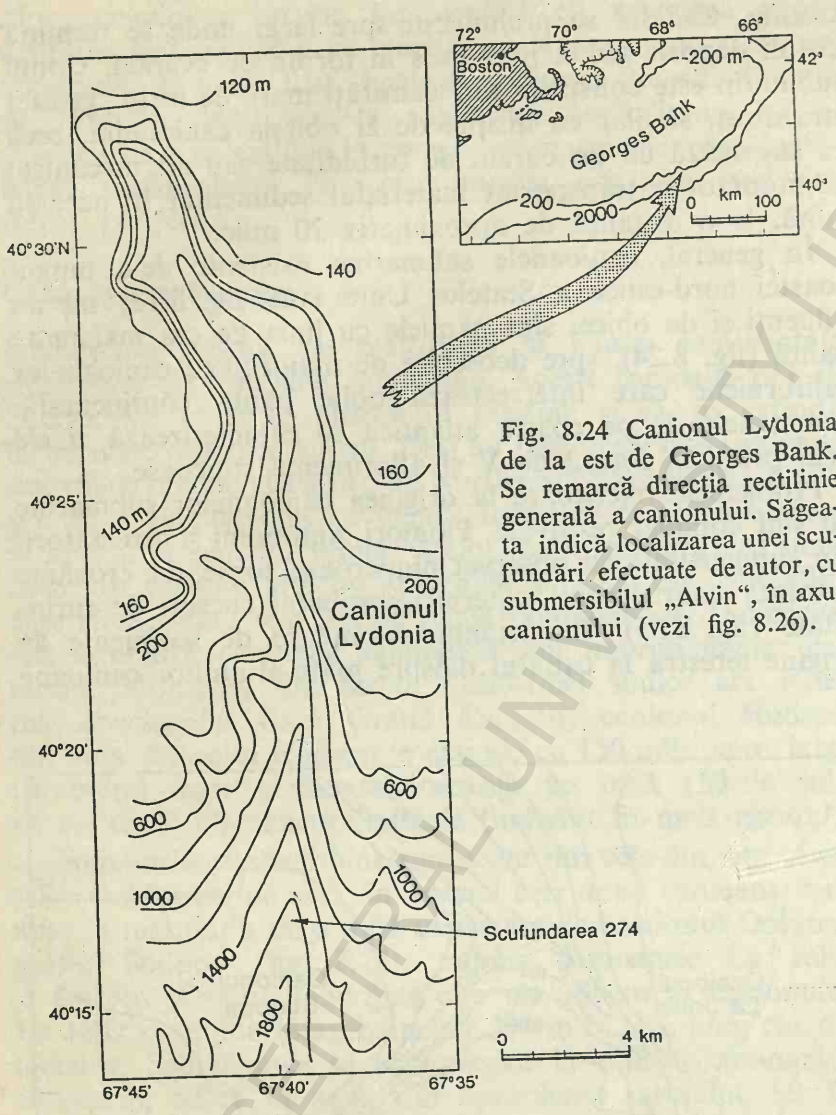


Fig. 8.24 Canionul Lydonia de la est de Georges Bank. Se remarcă direcția rectilinie generală a canionului. Săgeata indică localizarea unei scufundări efectuate de autor, cu submersibilul „Alvin", în axul canionului (vezi fig. 8.26).

submarine reprezintă, de asemenea, un argument pentru existența curenților de turbiditate. Anumiți oameni de știință au remarcat asemănarea canioanelor submarine cu acele canioane de pe uscat care au fost tăiate de ape curgătoare, sugerînd posibilitatea formării canioanelor submarine în perioadele de coborîre a nivelului mării, cînd rîurile ar fi traversat și erodat majoritatea platformelor continentale și unele părți ale anumitor pante continentale. Susținătorii

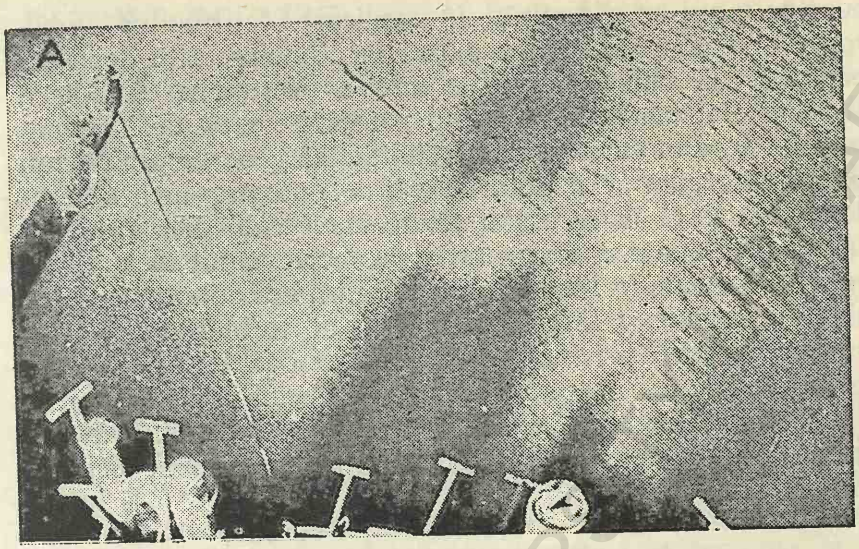
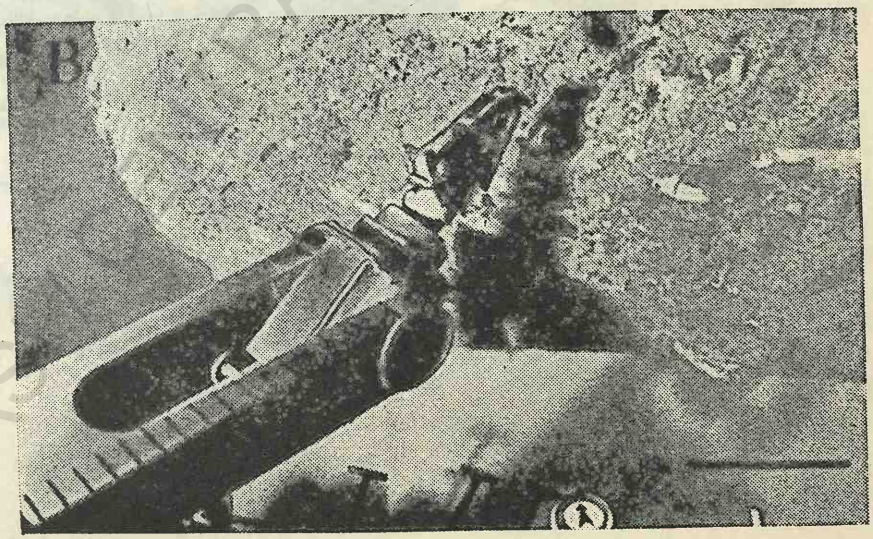


Fig. 8.25 Fotografii făcute în canionul Corsair, situat tot în partea de est a platformei submarine Georges Bank, la nord de canionul Lydonia (vezi fig. 8.24). Fotografiile au fost realizate din submersibilul „Alvin"; se observă brațul mecanic și diverse dispozitive ale submersibilului. A) *Ripple marks* pe sedimentele de fund din axa canionului, la adîncimea de 1 604 m; B) Afloriment stîncos în surplombă. Probabil că *ripple marks-urile* și surplomba au fost generate de curenți puternici (După Ross, 1968).



acestor teorii au dificultăți în explicarea faptului că numeroase canioane submarine există la adîncimi care depășesc pozițiile cele mai coborîte pe care se presupune că le-ar fi atins nivelul marin. Pe de altă parte este greu de imaginat cum ar fi putut curenții de turbiditate să genereze un canion sinuos, sau cum ar fi putut fi atît de puternici încît să erodeze roca dură în care sînt tăiate unele canioane. Probabil că ambele ipoteze sînt parțial corecte: canioanele ar fi putut fi formate în timp ce nivelul mării era coborît, ulterior fiind întreținute și lărgite de curenți de turbiditate.

Alte ipoteze privind formarea canioanelor submarine includ acțiunea izvoarelor și a alunecărilor submarine (fig. 8.26). Utilizarea crescîndă a submersibilelor ar putea ajuta la obținerea unor date mai precise asupra originii canioanelor submarine.

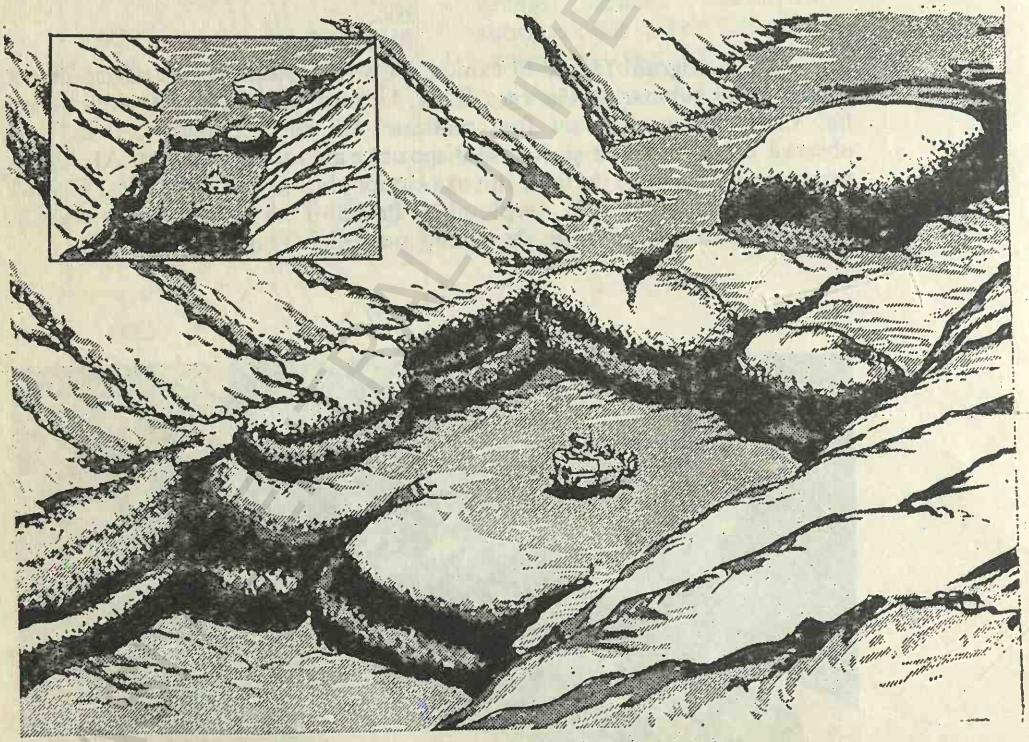


Fig. 8.26 Schițe panoramice reprezentînd structura din axul canionului Lydonia (vezi fig. 8.24), la adîncimea de aproximativ 1 600 m. Presupunerea cea mai plauzibilă este că această structură s-a format în urma alunecărilor.

BAZINUL OCEANIC

Pentru a se da o descriere cît mai completă asupra caracterelor bazinului oceanic adînc vom prezenta mai întîi trăsăturile importante ale oceanelor Atlantic, Pacific, Indian și Arctic, precum și ale unei mări marginale—Marea Roșie. În continuare vor fi discutate sedimentele de mare adîncă și unele dintre ipotezele care caută să explice caracteristicile adîncurilor marine.

Oceanul Atlantic

Atlanticul, al doilea ocean ca mărime, este totuși, pînă în prezent, cel mai bine cercetat (cu mai mult de un secol în urmă a fost întocmită o hartă batimetrică a Atlanticului de nord, vezi fig. 3.3). Forma generală a Atlanticului, asemănătoare literei S, reflectă caracteristica sa cea mai pregnantă. Atlanticul este un bazin alungit și sinuos care se extinde pe mai mult de 11 000 km în direcția nord-sud și aproximativ 32 000 km în direcția est-vest. De la primele studii s-a observat că batimetria sa este dominată de Dorsala Medio-Atlantică, o creastă continuă, care există în partea centrală a oceanului. Simetria formei oceanului pe ambele laturi ale acestei dorsale (fig. 8.27) și conturul continentelor adiacente, care s-ar îmbina perfect dacă ar fi eliminat oceanul dintre ele, au atras atenția oamenilor de știință, de mult timp, conducînd la ipoteza derivei continentale și, mai recent, la cea a expansiunii fundului oceanic.

Batimetria Dorsalei Medio-Atlantice a fost studiată de Heezen și colaboratorii săi (fig. 8.28). După părerea acestor cercetători dorsala reprezintă doar o parte dintr-o dorsală oceanică continuă care străbate, pe o distanță mai mare de 55 000 km, oceanele Atlantic, Indian, Antarctic și Pacific. În Oceanul Atlantic dorsala, ce ocupă treimea mijlocie a oceanului, este foarte fracturată, fiind constituită din numeroși munți și dealuri. Relieful cel mai accidentat apare în partea centrală a dorsalei. Pe cele mai multe profile, efectuate în centrul dorsalei, se distinge o mare fractură deschisă, denumită vale de rift, care se continuă de-a lungul întregului sistem de Dorsală medio-oceanică. Adîncimea zonei centrale de rift poate atinge 2000 m în comparație

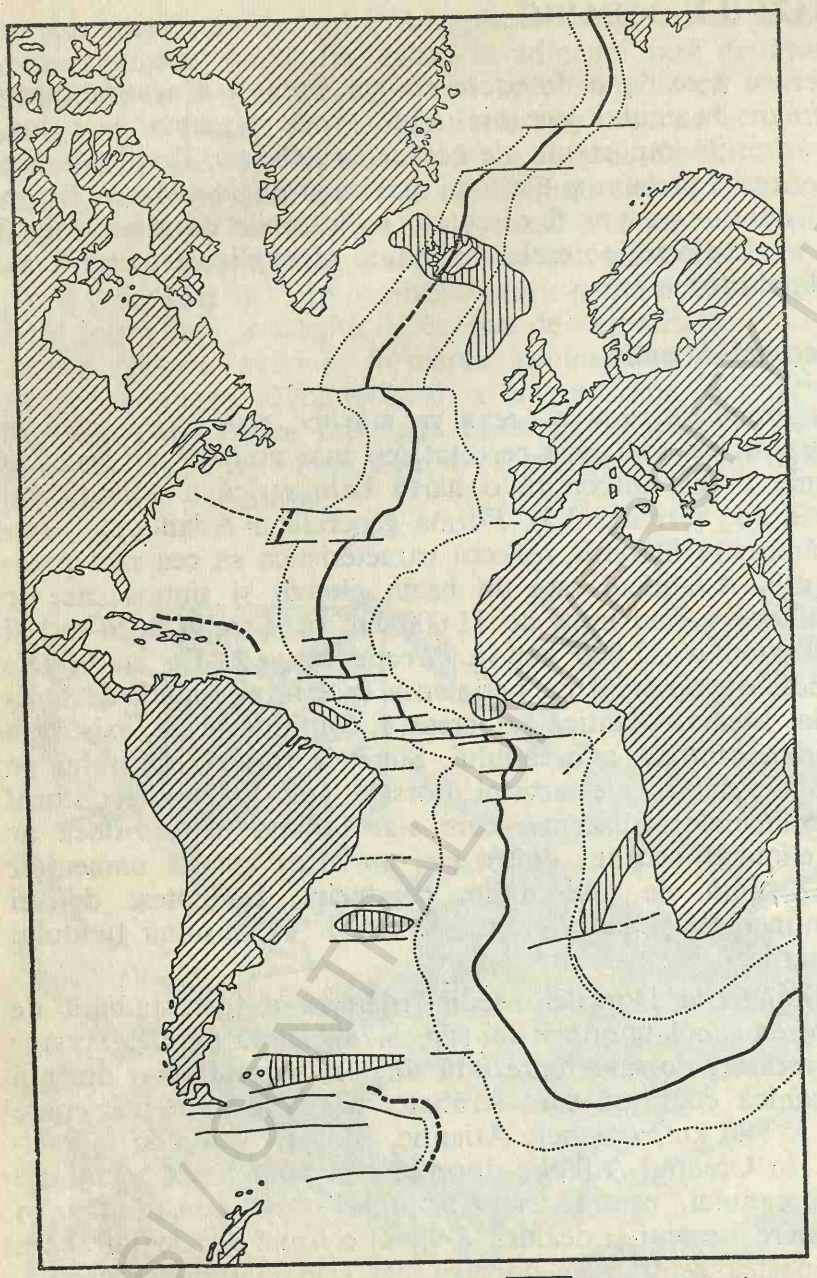


Fig. 8.27. Caracterele topografice generale ale Oceanului Atlantic.

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

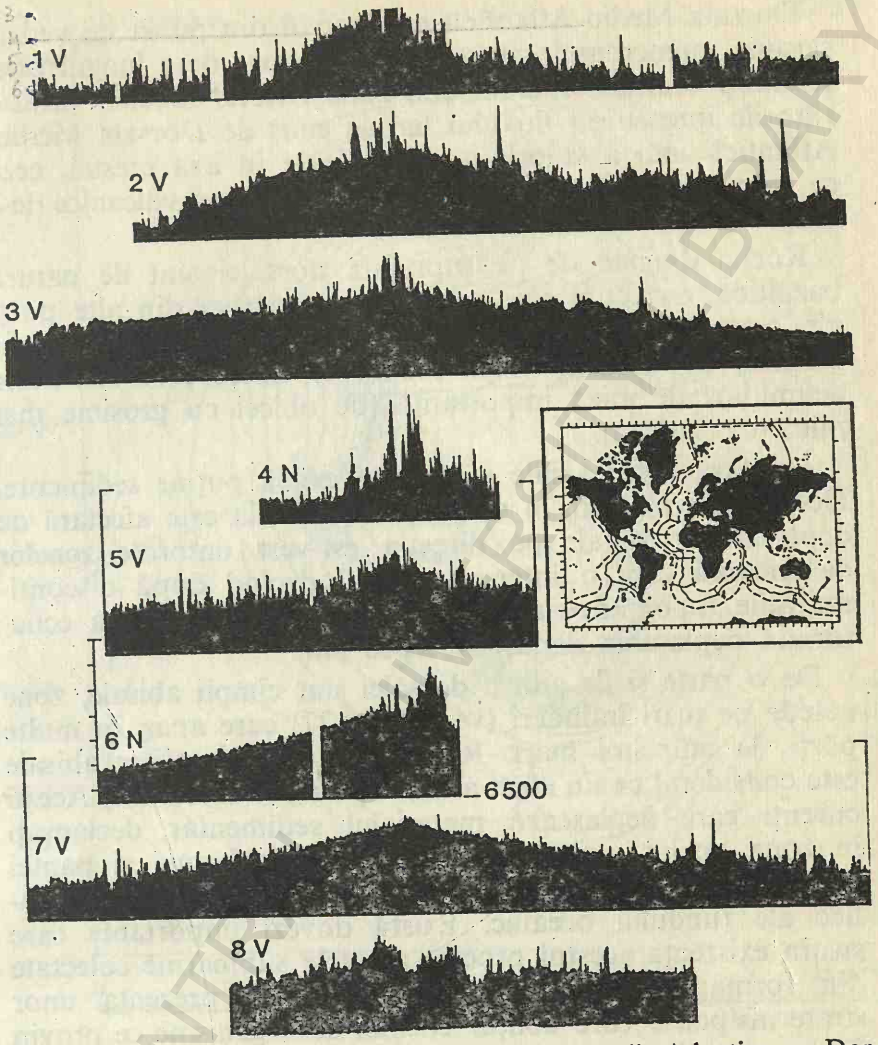


Fig. 8.28 Profile transversale în zona Dorsalei Medio-Atlantice, a Dorsalei Oceanului Indian și a Dorsalei Est-Pacifice la 6 500 m adîncime, la toate profilele (Din Heezen și Ewing, 1963).

cu poziția vîrfurilor muntoase înconjurătoare. În general, acești munți se ridică deasupra izobatei de 2000 m sub nivelul mării (adîncimea medie a oceanului este de 3729 m). În unele cazuri, munții ajung la suprafața apei formînd insule, cum sînt Azorele și Tristan da Cunha din Atlanticul sudic.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Dorsala Medio-Atlantică este activă din punct de vedere seismic, numeroasele cutremure care apar de-a lungul crestei fiind centrate aparent sub zona riftului median. Măsurătorile intensității fluxului termic emis de Dorsala Medio-Atlantică indică valori relativ ridicate în axa crestei, ceea ce se poate explica prin intruziunea rocilor vulcanice de-a lungul părții centrale a dorsalei.

Rocile dragate de pe suprafața dorsalei sînt de natură bazaltică, așa cum sînt cele mai multe roci din alte părți ale oceanului (granitele sînt roci tipice continentale). În general, pe dorsală există sedimente tinere care constituie acumulări de mică importanță (de obicei cu grosime mai mică de 100 m).

În afara zonei axiale a dorsalei există puține sedimente. Heezen a arătat că, în multe părți, dorsala este afectată de deplasări orizontale pe direcția est-vest datorate **zonelor de fractură** care o intersectează. Judecînd după discontinuitățile topografice ale axului dorsalei, în regiunea ecuatorială deplasarea depășește 3 000 km.

De o parte și de alta a dorsalei sînt cîmpii abisale, zone netede pe mari întinderi (vezi fig. 8.27) care apar, în multe părți, la adîncimi mari. Relieful plat al cîmpiilor abisale este considerat ca un efect al curenților de turbiditate. Acești curenți care deplasează materialul sedimentar, declanșați în zona apelor mai puțin adînci ale platformei și pantei continentale, acoperă și nivelează neregularitățile topografice ale fundului oceanic. Există dovezi importante care susțin existența acestui proces: carotele submarine colectate din formațiunile cîmpiilor abisale indică prezența unor strate nisipoase care conțin cochilii de organisme ce provin din ape puțin adînci. Profile seismice continui, executate în zona cîmpiilor abisale, arată clar existența unui relief neregulat care a fost îngropat de sedimente.

În Oceanul Atlantic există trei fose abisale: Fosa Puerto Rico în regiunea Caraibilor, Fosa Romanche în regiunea ecuatorială și Fosa Sandwich în largul părții de sud a Americii Latine. Cea mai mare dintre ele este Fosa Puerto Rico, care are lungimea de aproximativ 1 500 km și adîncimea maximă de circa 8 300 m. Deși aceste cifre par la prima vedere mari, fosele Atlanticului sînt mici în comparație cu numeroasele fose existente în Oceanul Pacific.

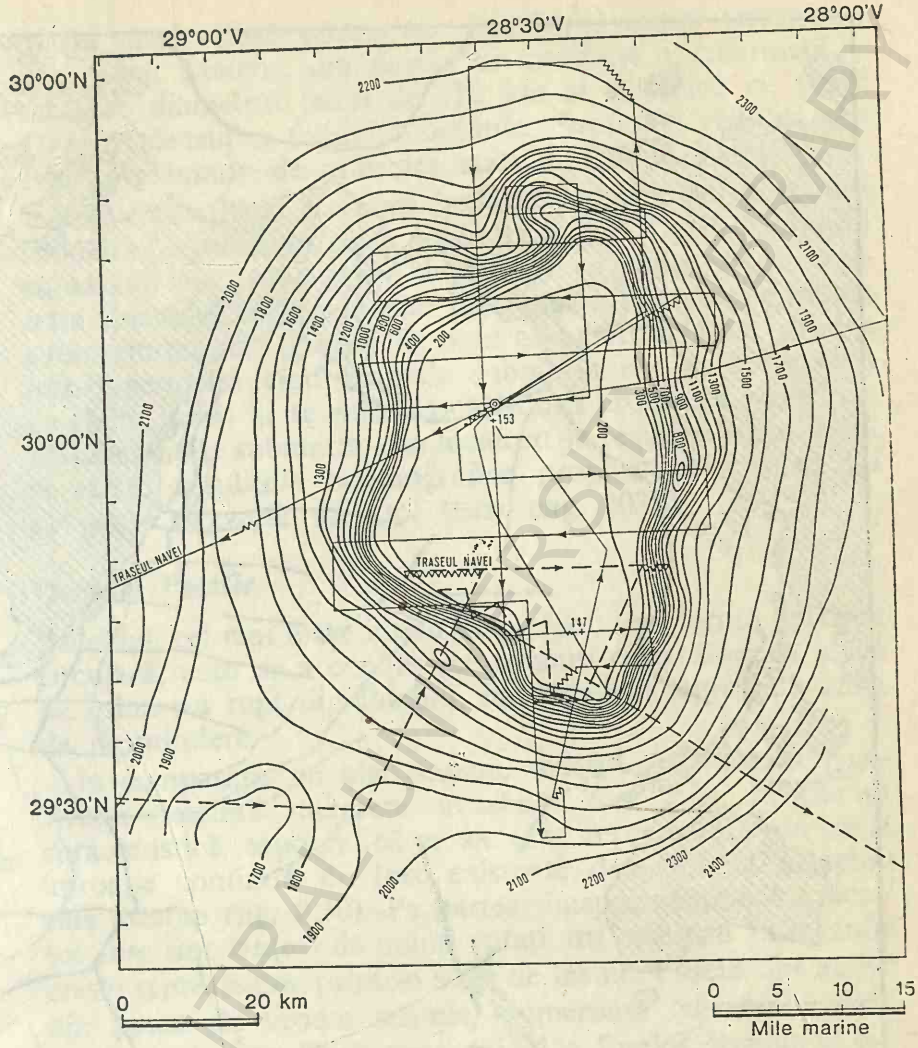


Fig. 8.29 Harta batimetrică a muntelui submarin Great Meteor. Adîncimile în fathomi. Echidistanța izobatelor de 100 fathomi. Creștetul larg și plat al muntelui submarin are lățimea de aproximativ 30 km și lungimea de 55 km (După Pratt, *Deep Sea Research*, 1963, Pergamon Press).

Una dintre deosebirile existente între oceanele Atlantic și Pacific este absența relativă a munților submarini și a atolilor în Atlantic. **Munții submarini** (fig. 8.29) sînt înălțimi izolate, deseori fiind cu peste 1 000 m mai înalțe decît fundul marin înconjurător; ei au pante abrupte terminate într-un vîrf. Chiar și în Atlantic munții submarini pot fi

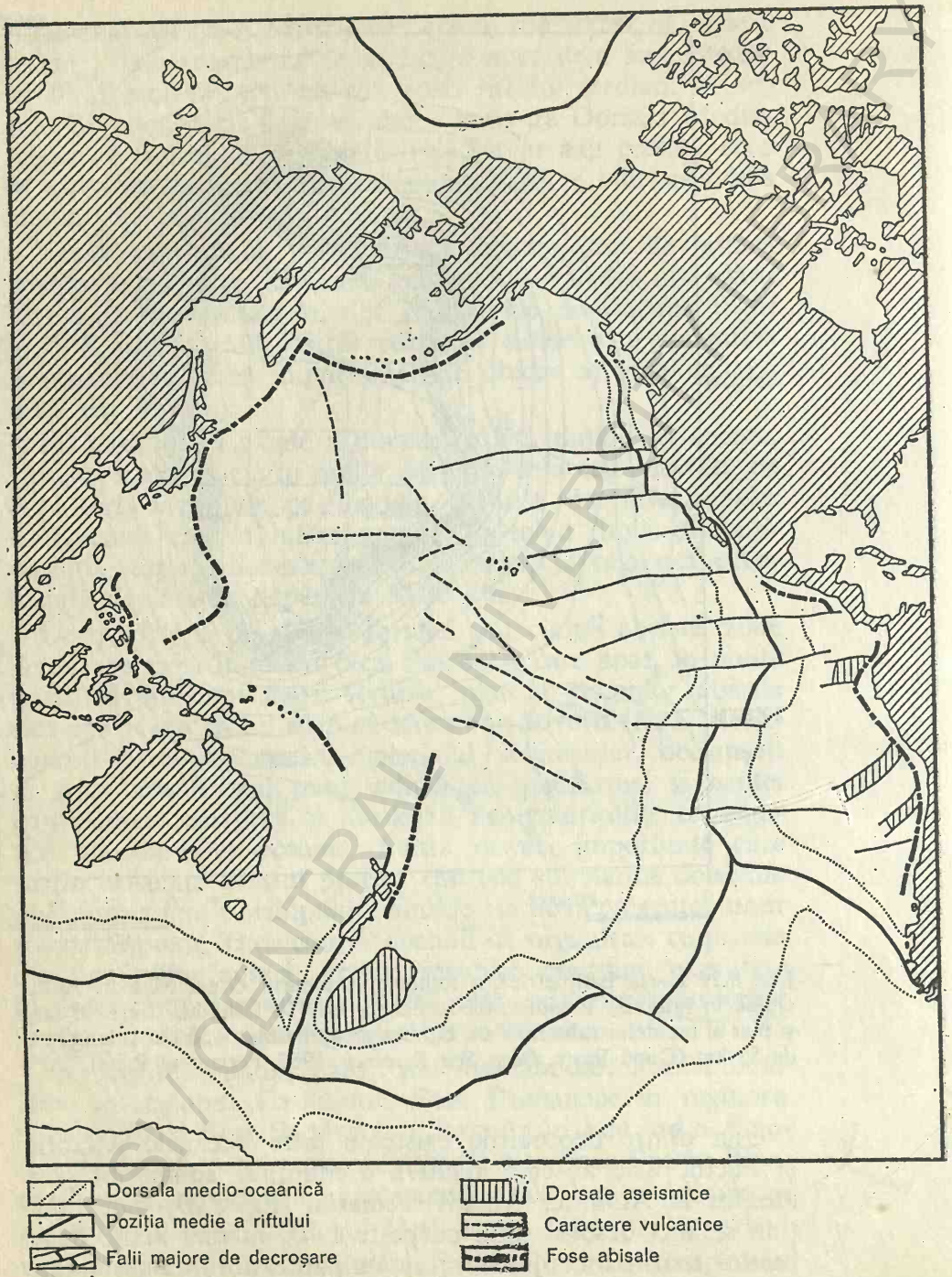


Fig. 8.30 Caracterele topografice generale ale Oceanului Pacific.

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY

foarte mari. Unul dintre cei mai înalți munți submarini este Great Meteor, din partea de nord-est a Atlanticului, care are diametrul bazei de 110 km și se ridică cu peste 4000 m deasupra fundului oceanic. Suprafața vîrfului său este aproximativ de mărimea statului Rhode Island.

Rocile bazaltice, colectate în mod obișnuit de pe munții submarini, indică originea lor vulcanică. Dealtfel, munții submarini au forme tipice de conuri vulcanice. Cînd creștetul muntelui submarin este plat, acesta se numește munte submarin tabular (**guyot**). Se pare că aplatizarea s-a produs într-o perioadă cînd muntele submarin era în apropierea nivelului mării și se afla sub acțiunea erozivă a valurilor. Dacă muntele submarin este localizat în regiunea ecuatorială și există condițiile oceanografice propice, pe creasta lui se poate dezvolta un atol (vezi pag. 203).

Oceanul Pacific

Pacificul, cel mai mare ocean de pe glob, are formă aproape circulară, ceea ce a condus pe anumiți cercetători la ideea că Luna s-a rupt din Pămînt, iar Pacificul reprezintă zona de desprindere.

În comparație cu alte oceane, relieful și structura Pacificului prezintă diferențe notabile. Cea mai pregnantă caracteristică topografică a sa este reprezentată de seria aproape continuă de fose existente de-a lungul marginii sale externe (fig. 8.30). Pe partea dinspre continent a acestor fose sînt lanțuri de munți cutați ori una sau mai multe creste reprezentate printr-o serie de insule. Fosele sînt active din punct de vedere seismic, numeroase cutremure fiind localizate în, sau lîngă, zona axială a foselor. Regiunea circulară din jurul Pacificului a fost numită „cercul" sau „centura de foc", datorită numeroaselor cutremure care apar aici și a numărului mare de vulcani asociați cu aceste cutremure. Inelul de foc este întrerupt de-a lungul coastei vestice a Statelor Unite și Canadei, unde nu apare nici o fosă și unde, din fericire, se produc rareori cutremure.

Zona cea mai adîncă a Oceanului Pacific este Fosa Marianelor (tabelul 8.3), unde batiscaful „Trieste" a efectuat în anul 1960 faimoasa imersiune pînă la adîncimea de 10 910 m, în apropierea Abisului Challenger.

TABELUL 8.3 UNELE DIMENSIUNI ALE ANUMITOR FOSE (după FISCHER și HESS, 1963, și FAIRBRIDGE, 1966)

Fosa	Adîncimea (m)	Lungimea (km)
Marianelor	11 022	2 550
Tonga	10 882	1 400
Kurile-Kamceatka	10 542	2 200
Filipine	10 497	1 400
Puerto Rico	8 385	1 550
Peru-Chile	8 055	5 900
Romanche	7 856	300
Djawa	7 450	4 500
America Centrală	6 662	2 800

Profilul transversal al celor mai multe fose este în formă de V, cu un fund îngust și uneori plat. Netezimea fundului ar putea fi datorată depozitelor turbiditice sau de alunecare, provenite din zone cu adîncime mai mică. În mod obișnuit, lățimea fundului fosei nu depășește cîțiva kilometri de-a lungul acestei distanțe adîncimea fiind constantă. De obicei, fundul foselor situate lîngă uscat este mai larg, datorită unui aport mai mare de sedimente; cele mai bune exemple de acest fel sînt fosa Peru-Chile și fosa Americii Centrale.

O trăsătură comună multor fose este prezența unei trepte sau a unui bazin suspendat pe pantă (fig. 8.31). În unele cazuri aceste bazine acționează ca o „capcană" de sedimente, împiedicînd materialul sedimentar să atingă părțile mai adînci ale fosei. În general, majoritatea foselor au versanți cu înclinări între 8° și 16° (de obicei mai abrupte în apropierea fundului), dar anumiți cercetători consideră că în Fosa Tonga există o pantă maximă de 45°.

S-a menționat anterior că fosele sînt zone active din punct de vedere seismic. **Hipocentrul** este punctul din interiorul Pămîntului unde a apărut perturbația seismică. În general, în vecinătatea fosei, hipocentrul este aproape de suprafață, dar înspre continent poate fi localizat la adîncimi mai mari. Unii geofizicieni consideră că aceste hipocentre indică o zonă de falie care se poate extinde pînă la 700 km sub scoarța Pămîntului, înclinînd sub continente.

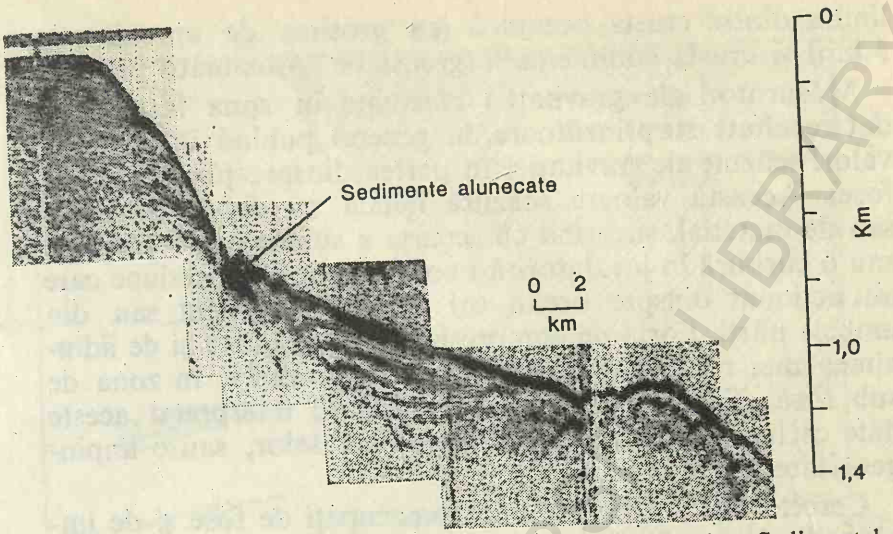


Fig. 8.31 Bazin suspendat pe flancul fosei Middle America. Sedimentele alunecate de pe platforma continentală (stînga) sînt împiedicate să ajungă în zona marină adîncă (spre dreapta) datorită acestui tip de bazin, care servește drept „capcană" pentru sedimente (După Ross și Shor, 1965).

Studiile seismice, prin metoda undelor refractare, evidențiază altă trăsătură interesantă a foselor. Discontinuitatea Mohorovičić (contactul dintre crusta sau scoarța Pămîntului și mantaua subjacentă) se adîncește considerabil sub fose (fig. 8.32). Astfel, în multe cazuri fosele par să marcheze

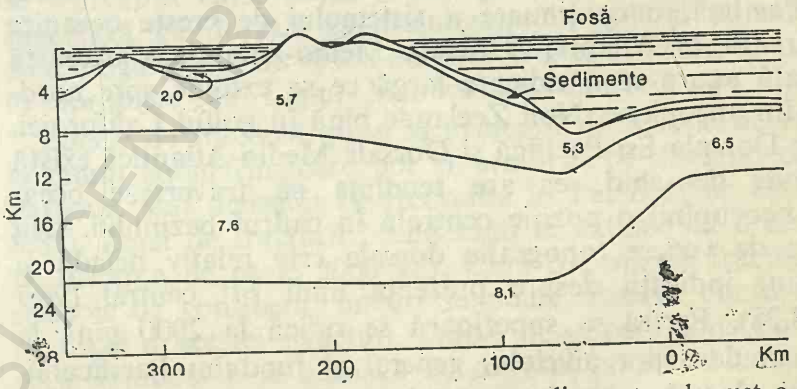


Fig. 8.32 Profil transversal prin fosa Tonga, din partea de vest a Pacificului. Cifrele reprezintă viteza de propagare a sunetului prin diferitele strate (în km/sec). De remarcat schimbarea bruscă a adîncimii discontinuității Mohorovičić (viteză de aproximativ 8 km/sec) în zona fosei (După Raitt și colab., 1955).

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITARĂ LIBRARY

limita dintre crusta oceanică (cu grosime de aproximativ 5 km) și crusta continentală (groasă de aproximativ 30 km).

Măsurători ale gravitației efectuate în zona foselor au dat rezultate surprinzătoare, în general punînd în evidență valori scăzute ale gravitației în partea dinspre țărm a axului fosei. Această valoare scăzută indică un deficit de masă sau de material, sugerînd că scoarța a suferit o compresiune sau o curbură în jos datorită unor forțe de compresiune care au acționat dinspre ocean ori dinspre continent sau din ambele părți. Forța de compresiune este indicată și de adîncimea mai mare a discontinuității Mohorovičić în zona de sub fosă. Totuși, anumiți cercetători au interpretat aceste date ca indicînd originea tensională a foselor, sau o împingere laterală a crustei.

Cercetătorii au fost de mult preocupați de fose și de implicațiile lor geologice. Mulți dintre ei au sugerat ridicarea spre suprafață a curenților de convecție în zona crestelor oceanice și afundarea lor în zona foselor. În acest mod s-ar putea explica valorile scăzute ale gravitației și coborîrea discontinuității Mohorovičić în regiunea foselor. Oponenții acestei idei argumentează că fosele au caracter rupturale, fiind trăsături tensionale. O altă ipoteză recentă, cea a expansiunii fundului oceanic (vezi pag. 362), prezintă unele argumente convingătoare în sprijinul ipotezei curenților de convecție.

Altă caracteristică importantă a Pacificului este Dorsala Est-Pacifică, o continuare a sistemului de creste oceanice observată în Atlantic (Dorsala Medio-Atlantică). Această dorsală apare ca o ridicare largă ce se extinde spre nord-est, din apropierea Noii Zeelande pînă în golful Californiei. Între Dorsala Est-Pacifică și Dorsala Medio-Atlantică există anumite deosebiri; ea are tendința să traverseze oceanul, neocupînd o poziție centrală în cadrul bazinului. Din punct de vedere topografic dorsala este relativ netedă și nu sînt indicații despre prezența unui rift central (vezi fig. 8.28). Partea sa superioară se ridică la 2000 pînă la 3000 m deasupra nivelului general al fundului Pacificului. Totuși, dorsala este decroșată în multe locuri de zone de fractură, ca și Dorsala Medio-Atlantică. De asemenea, Dorsala Est-Pacifică este activă din punct de vedere seismic și are un flux termic mai mare decît cel normal.

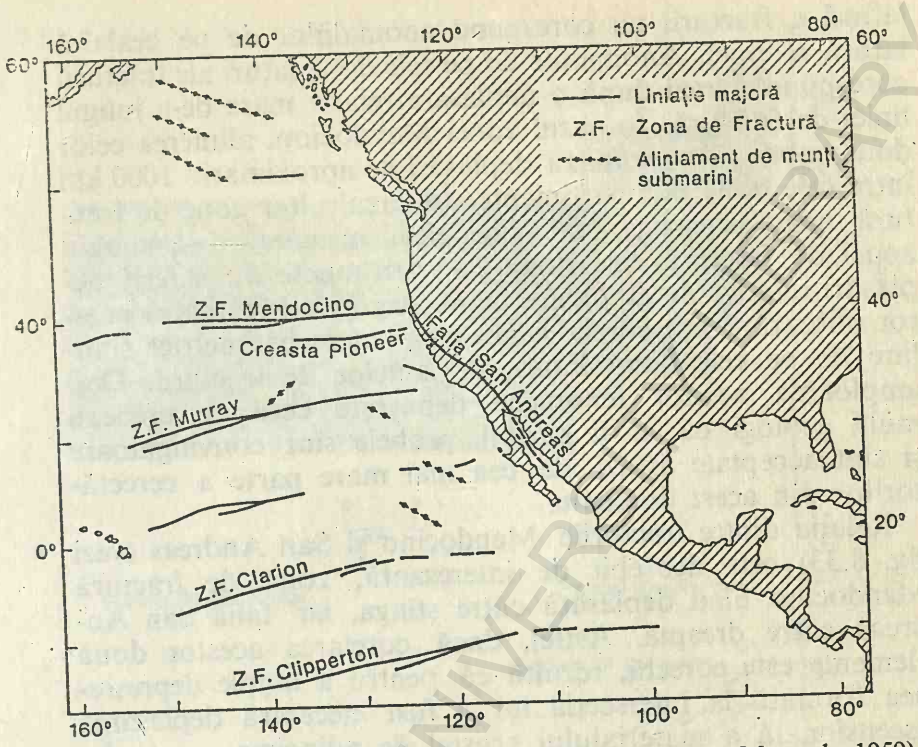


Fig. 8.33 Zone de fractură în estul Pacificului (După Menard, 1959).

În apropierea golfului Californiei, Dorsala Est-Pacifică se îndreaptă către uscat (vezi fig. 8.30). Date importante sugerează că dorsala se prelungește în golf și se extinde de-a lungul părții de vest a Statelor Unite, revenind în ocean în apropiere de Capul Mendocino, California.

Zone fracturi

Zonele de fractură, puse în evidență de o serie de creste și munți submarini care pot fi urmăriți pe distanțe considerabile, sînt deosebit de frecvente în Pacificul de est (fig. 8.33). Zona de fractură Mendocino se extinde ca o creastă pe distanța de peste 3000 km. Cînd o zonă de fractură se apropie de continent, uneori se poate observa continuarea pe uscat a acestei structuri. După cît se pare zona de fractură Mendocino se aliniază cu capătul nordic al faliei San Andreas din California.

Studiul cîmpului magnetic al zonelor de fractură din largul Californiei a arătat că anomaliile magnetice datorate proprietăților magnetice ale rocilor subiacente observate pe o

BCU IAȘI

latură a fracturii nu corespund anomaliilor de pe cealaltă latură a zonei. Anomaliile de pe cele două laturi ale fracturii corespund numai după o deplasare relativ mare de-a lungul liniei de fractură. În cazul zonei Mendocino, alinierea celor două anomalii evidențiază deplasări de aproximativ 1000 km între cele două compartimente. În cazul altor zone de fractură apar deplasări mai mici. Prin urmare, de-a lungul zonei de fractură cele două compartimente au suferit deplasări relative de amploare mare. Acceptînd realitatea acestor mișcări se pot corela și unele caractere batimetrice similare de pe cele două laturi ale zonelor de fractură. Deși amploarea acestor fenomene depășește ceea ce credeau mulți geologi că ar fi posibil, probele sînt convingătoare și sînt acceptate astăzi de cea mai mare parte a cercetătorilor din acest domeniu.

Relația dintre fracturile Mendocino și San Andreas (vezi fig. 8.33) este deosebit de interesantă, zona de fractură Mendocino fiind deplasată către stînga, iar falia San Andreas către dreapta. Astfel, dacă corelarea acestor două elemente este corectă, rezultă că pentru a umple depresiunea formată la intersecția lor a fost necesară deplasarea ascensională a materialului crustal de adîncime.

În Oceanul Pacific sînt numeroși munți submarini și submarini tabulari de tip *guyot*. H. W. Menard (1964) a inventariat mai mult de 1400 și este probabil că mulți alții sînt încă necunoscuți. Munții submarini sînt diferiți ca elemente individuale dar, în numeroase cazuri, ei sînt concentrați în anumite regiuni ale oceanului și apar sub denumirea de provincii sau lanțuri muntoase submarine. Această asociere a munților submarini sugerează legătura lor cu modelul major al stressului din scoarța oceanică.

În prezent, originea vulcanică a munților submarini este larg acceptată, dar rămîn încă nerezolvate unele probleme ale evoluției lor. Există date care arată că numeroși munți submarini au suferit o oarecare subsidență adică, într-o anumită perioadă au fost mai înalți decît apar acum, eventual chiar deasupra nivelului mării. În anumite regiuni, subsidența a afectat un grup întreg de munți submarini. Alți munți submarini au rămas în apropierea nivelului mării suficient de mult pentru ca valurile să le poată eroda și aplatiza partea superioară, formînd munți submarini tabulari *(guyots)*. În unele cazuri, pe muntele submarin

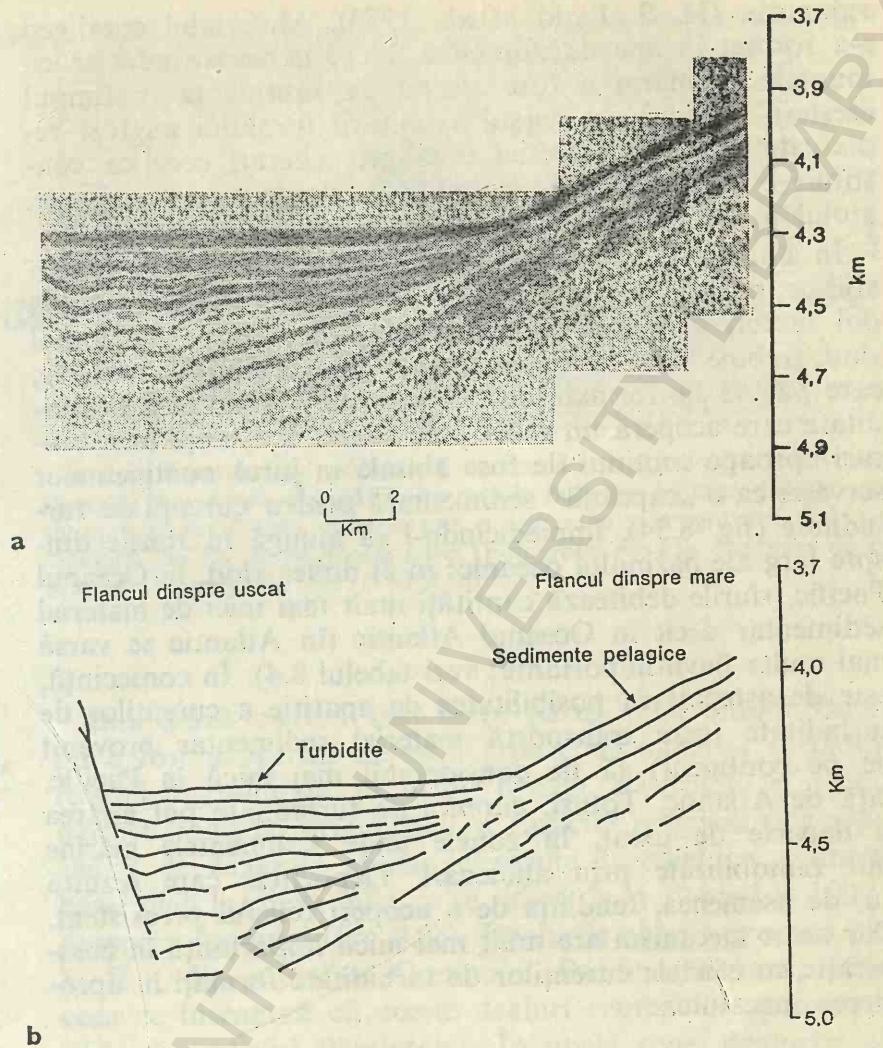


Fig. 8.34 Cîmpie abisală formată pe fundul unei fose. Depozitele curenților de turbiditate din părțile superioare ale povîrnișului și platformei continentale (spre stînga) sînt împiedicate de fosă să ajungă în zona marină adîncă (spre dreapta); a) Înregistrarea unui profil seismic continuu; b) interpretarea profilului (După Ross și Shor, 1965).

s-au stabilit recifi de corali care s-au dezvoltat pe măsura coborîrii muntelui, formînd un atol (vezi prezentarea detaliată a atolilor de corali în capitolul 6). Forajul efectuat pe atolul Eniwetok a pus în evidență peste 4000 de picioare de material coraligen stînd pe rocile bazaltice ale unui munte

BCU IASI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

submarin (H. S. Ladd et al., 1953). Materialul coraligen s-a format în ape cu adîncime mică, demonstrînd clar că muntele submarin a fost afectat de subsidență în timpul creșterii atolului. În cursul executării forajului au fost remarcate zone de material coraligen alterat, ceea ce constituie o indicație că, în anumite momente ale istoriei sale, atolul a fost deasupra nivelului mării.

În anumite regiuni ale Oceanului Pacific există cîmpii abisale, dar ele nu sînt așa de frecvente ca în Atlantic. Există doi factori care pot explica această deosebire: în primul rînd, trebuie să se ia în considerare geneza cîmpiilor abisale, care par să fie formate de depozite ale curenților de turbiditate care acoperă un relief preexistent. Existența unei centuri aproape continui de fose abisale în jurul continentelor servește ca o „capcană" sedimentară pentru curenții de turbiditate (fig. 8.34), împiedicîndu-i să ajungă în zonele dinspre larg ale bazinului oceanic; în al doilea rînd, în Oceanul Pacific, rîurile debitează cantități mult mai mici de material sedimentar decît în Oceanul Atlantic (în Atlantic se varsă mai multe fluvii importante; vezi tabelul 8.4). În consecință, este de așteptat ca posibilitatea de apariție a curenților de turbiditate (care transportă material sedimentar provenit de pe continent) să fie considerabil mai mică în Pacific, față de Atlantic. Totuși, curenții de turbiditate pot apărea și departe de uscat, în zonele unde sedimentele marine sînt remobilizate prin alunecări. Depozitele care rezultă au, de asemenea, tendința de a acoperi relieful preexistent. Dar acest mecanism are mult mai mică importanță în comparație cu efectele curenților de turbiditate formați în apropierea uscatului.

TABELUL 8.4 ARIILE OCEANICE ȘI ZONELE DE USCAT PE CARE LE AFECTEAZĂ (după LYMAN, 1958)

Oceanul	Suprafața (în mii de km²)	Suprafața de uscat drenată	Procentaj
Atlantic	98 000	67 000	68,5
Indian	65 500	17 000	26,0
Antarctic	32 000	14 000	44,0
Pacific	165 000	18 000	11,0

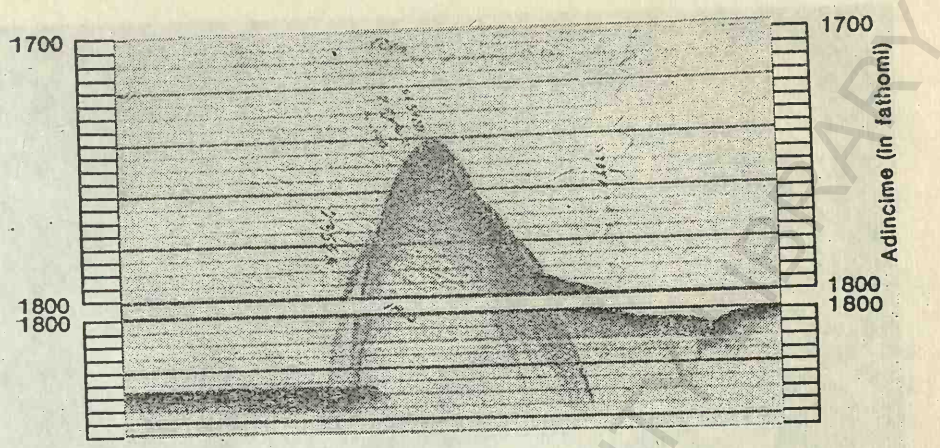


Fig. 8.35 Ecogramă ce evidențiază contactul dintre un deal abisal (spre dreapta) și o cîmpie abisală. Adîncimea în fathomi. Lățimea dealului este de aproximativ 2 mile. Aceasta este o fotografie a înregistrării reale, iar notațiile sînt făcute pe bordul navei (Fotografie pusă la dispoziție de Institutul Oceanografic din Woods Hole).

Din cauză că cea mai mare parte a Oceanului Pacific nu a fost acoperită de stive groase de material turbiditic, relieful fundului său nu a fost nivelat, păstrîndu-se în bună parte topografia originală. Un caracter pregnant este reprezentat de **dealurile abisale**, elemente de relief cu diametrul bazei pînă la cîteva mile, ce se ridică de la 30 pînă la 1000 m deasupra fundului (fig. 8.35). Dealurile abisale acoperă pînă la 50% din suprafața Oceanului Pacific (Menard, 1964), ceea ce înseamnă că aceste dealuri reprezintă aproximativ 25% din relieful Pămîntului. În unele zone, dealurile abisale apar la marginile dinspre ocean ale cîmpiilor abisale, adică acolo unde nu au fost complet acoperite de turbidite. În nordul Atlanticului, Dorsala Medio-Atlantică este mărginită de o zonă îngustă de dealuri abisale.

Cercetarea dealurilor abisale este îngreuiată datorită cîtorva factori. Cele mai multe dealuri abisale sînt acoperite de un strat subțire de sedimente, fiind dificil să se obțină o probă din rocile subjacente. Cercetarea detaliată și rezoluția sau claritatea caracterelor geofizice sînt afectate în mod negativ de dimensiunile mici ale dealurilor abisale.

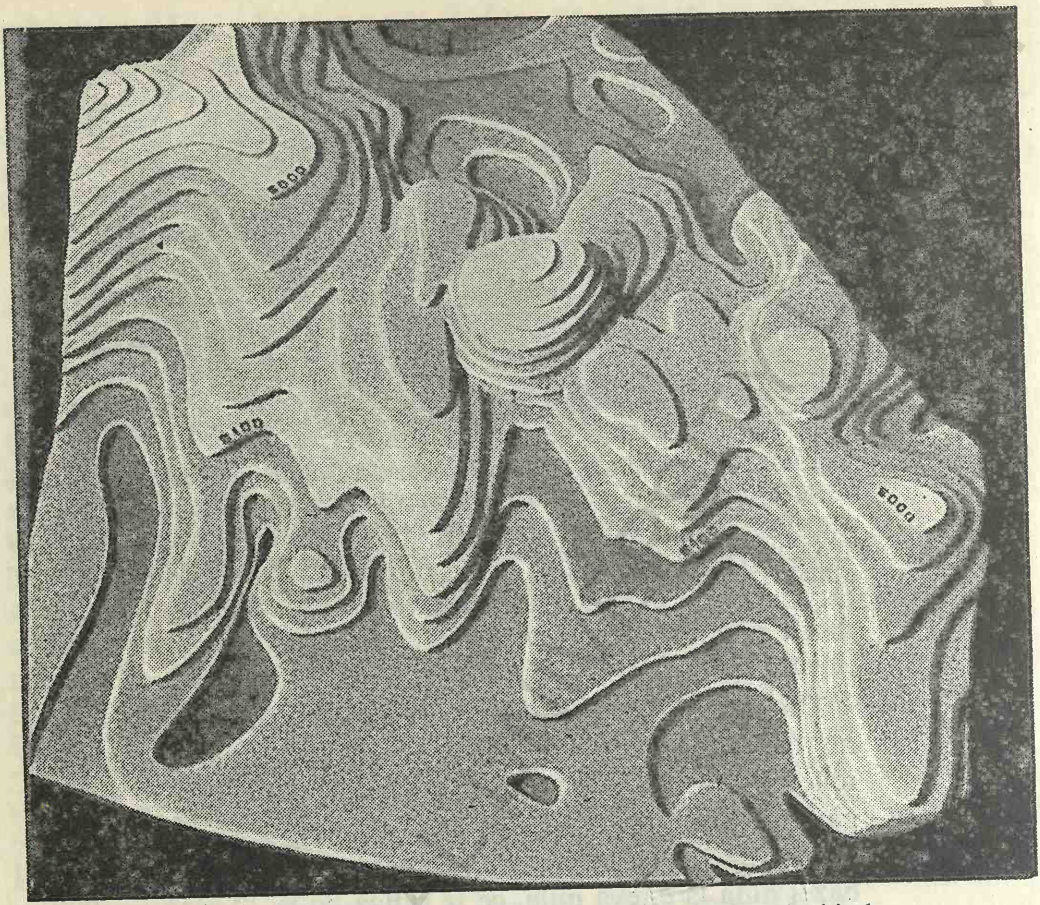


Fig. 8.36 Hartă în relief a fundului mării în regiunea unui deal abisal din Pacificul ecuatorial central, întocmită după ecograme. Echidistanța de 20 m. Culoarea mai deschisă indică adîncimi mai mici de 5000 m; cea intermediară indică adîncimi între 5000 m și 5100 mm. Exagerare verticală de 10:1 (După Moore și Heath, 1967).

În unele regiuni, cercetătorii nici nu pot fi siguri dacă dealurile apar ca unități individuale sau ca elemente ale unei creste alungite. Studiul unei zone restrînse de dealuri abisale a pus în evidență o tendință de dispunere liniară a acestor dealuri (fig. 8.36).

Originea dealurilor abisale este încă necunoscută. Mulți cercetători sînt în favoarea unei origini vulcanice; ei argumentează că dealurile au forme similare munților submarini (a căror origine este vulcanică) și că dealurile sînt ase-

mănătoare unor forme vulcanice observate pe uscat. Stimulați de faptul că dealurile fac parte din „stratul al doilea" al scoarței, care poate fi de origine sedimentară (vezi fig. 8.45), alți cercetători au sugerat o origine sedimentară a dealurilor abisale. Indiferent de geneza lor, dealurile abisale reprezintă un caracter important al Oceanului Planetar.

Oceanul Indian

Oceanul Indian este relativ mai puțin studiat. Expediția internațională desfășurată între anii 1960 și 1965 în Oceanul Indian a furnizat date importante privind topografia și structura fundului oceanic. R. W. Fairbridge și alți cercetători (1966) au deosebit cinci diviziuni topografice majore ale Oceanului Indian: (1) marginea continentală, (2) fundul bazinului oceanic, (3) microcontinentele, (4) Dorsala oceanică mediană și (5) zonele de fractură.

Marginile continentale (platformă, pantă, piemont oceanic) sînt similare celor din alte oceane. Mai puține, deși există, sînt unele canioane submarine care intersectează panta continentală și piemontul oceanic. Numărul mai mic de canioane cunoscute se poate datora gradului mai redus de cunoaștere a Oceanului Indian. De fapt, canioane submarine mari există în fața gurilor fluviilor Indus și Gange.

Fosa Djawa, cu adîncime maximă de aproximativ 7400 m, apare în nord-vestul Australiei. Deși mai puțin adîncă decît fosele Atlanticului, aceasta este fosa cu cea mai mare adîncime a Oceanului Indian (vezi tabelul 8.3).

După Fairbridge și colaboratorii săi, fundul bazinului oceanic este dominat de cîmpii abisale ai căror gradienți variază de la 1/1000 la 1/7000, în mod obișnuit amplitudinea reliefului fiind de numai cîțiva metri. Aceste cîmpii sînt cel mai bine dezvoltate în părțile nordice și sudice ale oceanului (fig. 8.37). În unele zone apar mici canale, generate probabil de curenți de turbiditate, care traversează cîmpiile abisale.

Microcontinentele, creste liniare inactive din punct de vedere seismic, sînt caracteristice părții de nord a Oceanului Indian. Ele se deosebesc de Dorsala medio-oceanică prin lipsa seismicității și prin aspectul lor general, căci sînt mai înalte și mult mai masive.

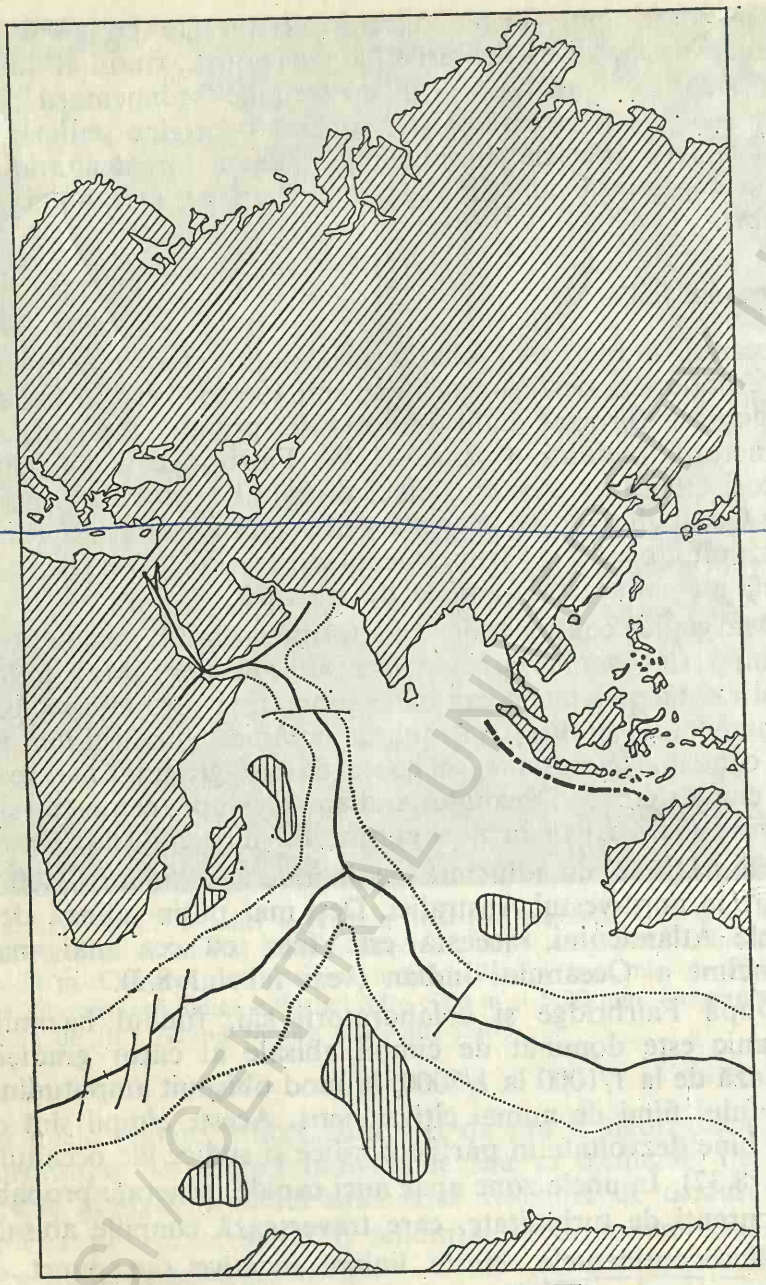


Fig. 8.37 Caractere topografice generale ale Oceanului Indian.

BCU Cluj / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Cea mai importantă caracteristică a Oceanului Indian este Dorsala sa mediană, care apare în centrul oceanului sub forma literei Y inversat (vezi fig. 8.37). Prin sudul Australiei, una dintre ramurile dorsalei trece în Oceanul Pacific, unde se unește cu Dorsala Est-Pacifică. Cealaltă ramură se continuă pe la sudul Africii pînă se unește cu Dorsala Medio-Atlantică. A treia parte se curbează și se continuă în golful Aden și Marea Roșie. Dorsala Oceanului Indian prezintă caractere similare cu ale celei Medio-Atlantice: are relief accidentat, este activă din punct de vedere seismic, pare să aibă un rift median continuu (vezi fig. 8.28) și este situată în partea centrală a oceanului.

Zonele de fractură sînt foarte evidente în Oceanul Indian, producînd, în multe locuri, deplasări ale axului crestei. În unele zone de fractură se găsesc mici fose; fosele Vema și Diamantina din Oceanul Indian, ca și Fosa Romanche din Oceanul Atlantic, apar în zone de fractură.

Bazinul Arctic

Bazinul (Oceanul) Arctic, cel mai mic ca întindere dintre oceane, este în bună parte acoperit de ghețuri, astfel încît nu a putut fi explorat în întregime. Observații recente au fost făcute de submarine nucleare care au navigat pe sub gheață. Bazinul Arctic, a cărui formă este aproximativ circulară, prezintă trei mari depresiuni, despărțite de dorsale submarine (fig. 8.38). Dorsalele Alpha, Lomonosov (denumită după numele savantului rus) și o posibilă prelungire a Dorsalei Medio-Atlantice delimitează o serie de bazine sau depresiuni oceanice.

O treime pînă la o jumătate din suprafața Bazinului Arctic este ocupată de zona platformelor continentale, unele platforme fiind acoperite de ape cu adîncimi pînă la 300 m (de exemplu în fața coastelor Groenlandei)[5]. Această adîncime ar putea fi datorată afundării platformei sub greutatea calotei de gheață care acoperă Groenlanda.

Bazinele interne ale Oceanului Arctic sînt separate de oceanele Pacific și Atlantic prin creste submarine puțin

[5] Menționăm, în acest sens, faptul că pe fundul Mării Barents se păstrează urmele unei rețele fluviatile a cursurilor inferioare ale fluviilor Pecioara, Dvina de Nord și ale altor văi mai mici. În mările Laptev și Siberiei Orientale au fost găsite continuările subacvatice ale văilor Chatanga, Olenok și Lena (după V. Trufaș și A. Bulgăr, *Oceanul Planetar*, Ed. Științifică, 1973). — *N.R.*

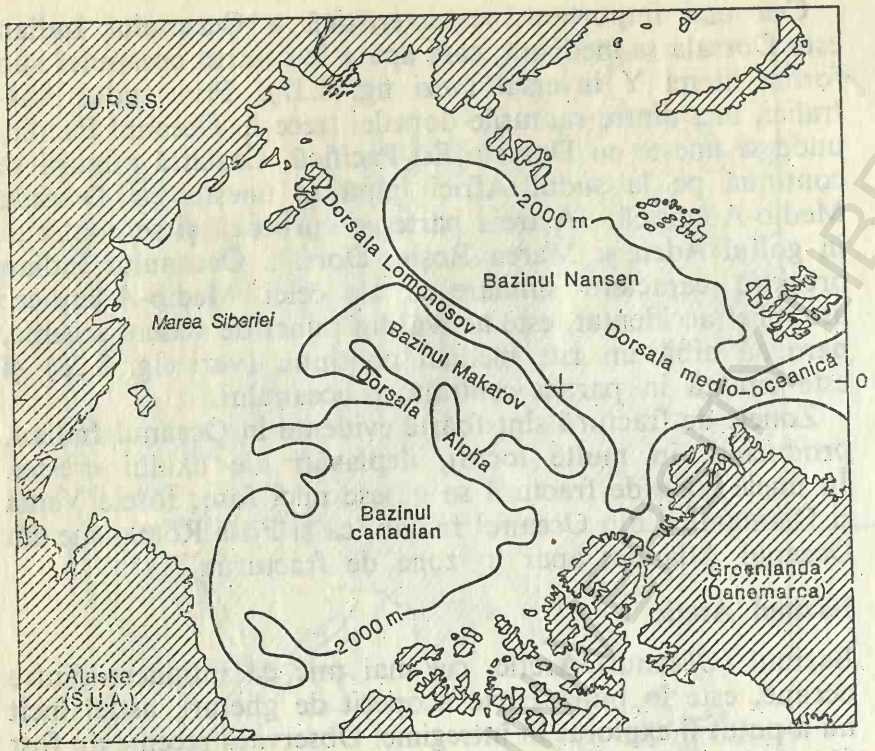


Fig. 8.38 Caractere topografice generale ale Oceanului Arctic.

adînci. Topografia generală a reliefului submarin și adîncimile bazinelor sînt similare cu ale celor din alte oceane. Prelungirea Dorsalei Medio-Atlantice în Oceanul Arctic nu este pe deplin confirmată, dar pare foarte posibilă. Regiunea nu a fost suficient de bine explorată spre a evidenția traseul acestei dorsale dincolo de regiunea arctică; este posibil să străbată Marea Siberiei spre teritoriul Uniunii Sovietice.

MĂRI MARGINALE

Cea mai mare parte a oceanelor au la marginea continentelor mări marginale deschise, ce comunică larg cu Oceanul Planetar, sau semiînchise, separate de acesta prin insule și peninsule. Una dintre acestea, Marea Roșie, va fi discutată în acest subcapitol. Alte mări marginale, cum

sînt Golful Mexic, Marea Baltică, Marea Caraibilor și Marea Mediterană, deși sînt separate parțial de oceanul principal, influențează proprietățile fizice ale oceanului propriu-zis. De exemplu, apa formată în Marea Mediterană poate fi detectată la adîncime în cuprinsul unei mari părți a Atlanticului.

Marea Roșie

Marea Roșie este situată de-a lungul unui fragment din dorsala comună tuturor oceanelor. Există numeroase dovezi care susțin faptul (fig. 4.19) că Peninsula Arabia, din partea estică a Mării Roșii, și Africa, situată la vest, făceau corp comun; aceste două unități continentale s-au despărțit într-un anumit moment geologic dînd naștere Mării

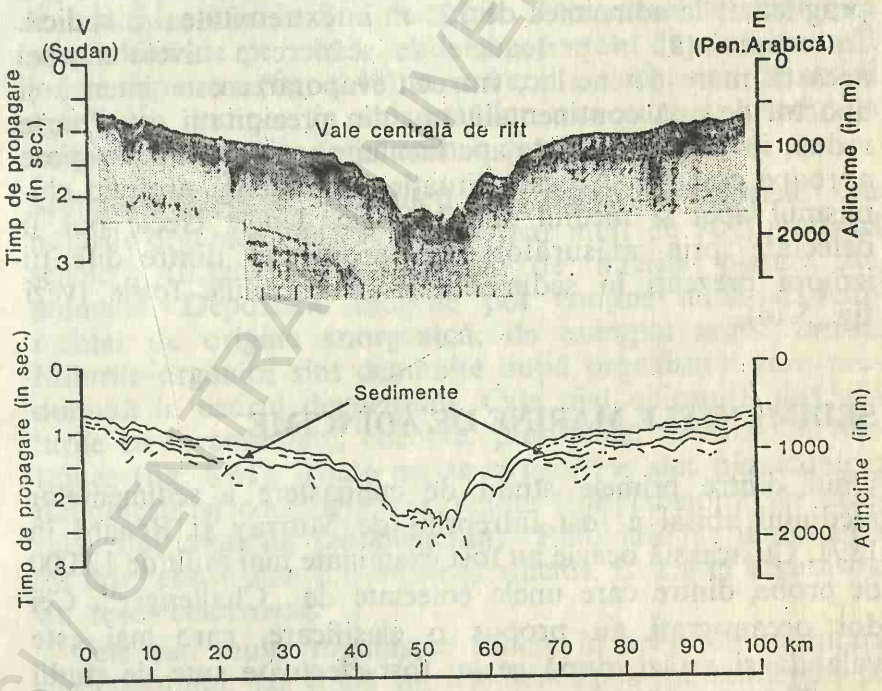


Fig. 8.39 Profil seismic continuu, transversal în Marea Roșie (aproximativ 20° latitudine nordică). Se observă absența sedimentelor în valea centrală de rift. Înregistrarea reală este reprezentată de figura de sus; cea de jos reprezintă interpretarea înregistrării. Timpul de propagare se referă la timpul necesar pentru transmiterea sunetului de la navă la un anumit strat reflectator.

Roșii. Acest proces de separare, care ar putea continua și astăzi, se produce de-a lungul unei văi mediane de rift situată în partea centrală a mării. Profilele seismice continui din această zonă (fig. 8.39) evidențiază o vale de rift fracturată, în general lipsită de sedimente și mărginită lateral de arii mai puțin deformate. După cît se pare, Asia și Africa au fost separate de forțe tensionale, materialul crustal proaspăt (în special bazaltic) ridicîndu-se și umplînd spărtura rezultată. Aceste mișcări au început, probabil, cu aproximativ 100 de milioane de ani în urmă.

Pe lîngă fotografiile din satelit, de tipul celei prezentate în figura 4.19, această separare este dovedită și de similitudinea structurilor geologice și a constituției petrografice din zonele limitrofe ale mării, precum și de configurația simetrică a celor două țărmuri care imaginativ s-ar putea îmbina.

Marea Roșie este separată de Oceanul Indian printr-un prag situat la adîncimea de 125 m în extremitatea sa sudică. În consecință, în perioadele de scădere a nivelului apei această mare devine lac, întrucît evaporarea este intensă și aportul de apă continentală sau din precipitații este foarte redus; în unele momente apa lacului ar putea să se evapore aproape complet. Această situație ar influența profund chimismul apei și mediul său biologic. Unele efecte pot fi detectate prin măsurători ale proporției dintre diferiții izotopi prezenți în sedimente și în cochiliile fosile (vezi fig. 5.14).

SEDIMENTELE MARINE DE ADÎNCIME

Unul dintre primele studii de cunoaștere a sedimentelor mediului abisal a fost întreprins de Murray și Renard în 1891. Cu această ocazie au fost examinate mai mult de 12 000 de probe, dintre care unele colectate de „Challenger". Cei doi oceanografi au propus o clasificare, care mai este valabilă și astăzi, după ce au fost efectuate sute de studii asemănătoare. Conform acestei clasificări, sedimentele abisale pot fi clasificate în două grupe importante: sedimente pelagice și sedimente terigene (tabelul 8.5). Această diferențiere rezultă atît din originea lor, cît și din modul de depunere a materialului sedimentar.

TABELUL 8.5 CLASIFICAREA DEPOZITELOR MARINE ABISALE

Sedimente pelagice	Sedimente terigene
Depozite biogene	Mîluri terigene
Depozite anorganice	Depozite de alunecare
Depozite autigene	Turbidite
Depozite de origine vulcanică	Depozite glaciare

Sedimente pelagice

Sedimentele pelagice apar în zona adîncă a oceanului, la distanță mare de țărm. Materialul lor constitutiv a fost sedimentat, străbătînd coloana de apă în absența unor curenți puternici. În mod obișnuit la alcătuirea acestor depozite participă, pe lîngă materialul scheletic vegetal sau animal, și particule fine de argile. Elementele terigene pot să provină de pe uscat, fiind transportate de vînt la locul lor de depunere (fig. 8.40), de curenți acvatici, sau de ambii agenți. În compoziția sedimentelor mai intră și produsele vulcanice și cosmice (praf cosmic și meteoriți).

Sedimente biogene. Prin definiție, depozitele biogene sau mîlurile organice *(oozes)* conțin mai mult de 30% material scheletic (fragmente sau cochilii de diferite plante sau animale). Depozitele biogene pot conține material sedimentar de origine anorganică, de exemplu argile brune. Mîlurile organice sînt denumite după organismul care predomină în cadrul depozitului. Cele mai obișnuite sînt mîlurile cu foraminifere, cocolite, pteropode, radiolari și diatomee (fig. 8.41). Toate aceste organisme sînt planctonice; diatomeele și cocolitele sînt plante (fitoplancton), iar celelalte sînt animale (zooplancton). Radiolarii și diatomeele au teste constituite din material silicios. Celelalte organisme au teste calcaroase.

Cele mai multe organisme trăiesc în apele de suprafață ale oceanului, iar după moarte scheletele lor se depun pe fundul oceanului, unde formează un depozit sedimentar. Repartiția acestor sedimente pe fundul oceanului (fig. 8.42) reflectă condițiile existente în apele de suprafață; rezultă deci că viteza de sedimentare a cochiliilor pe fundul adînc al oceanului este suficient de mare pentru a împiedica dis-

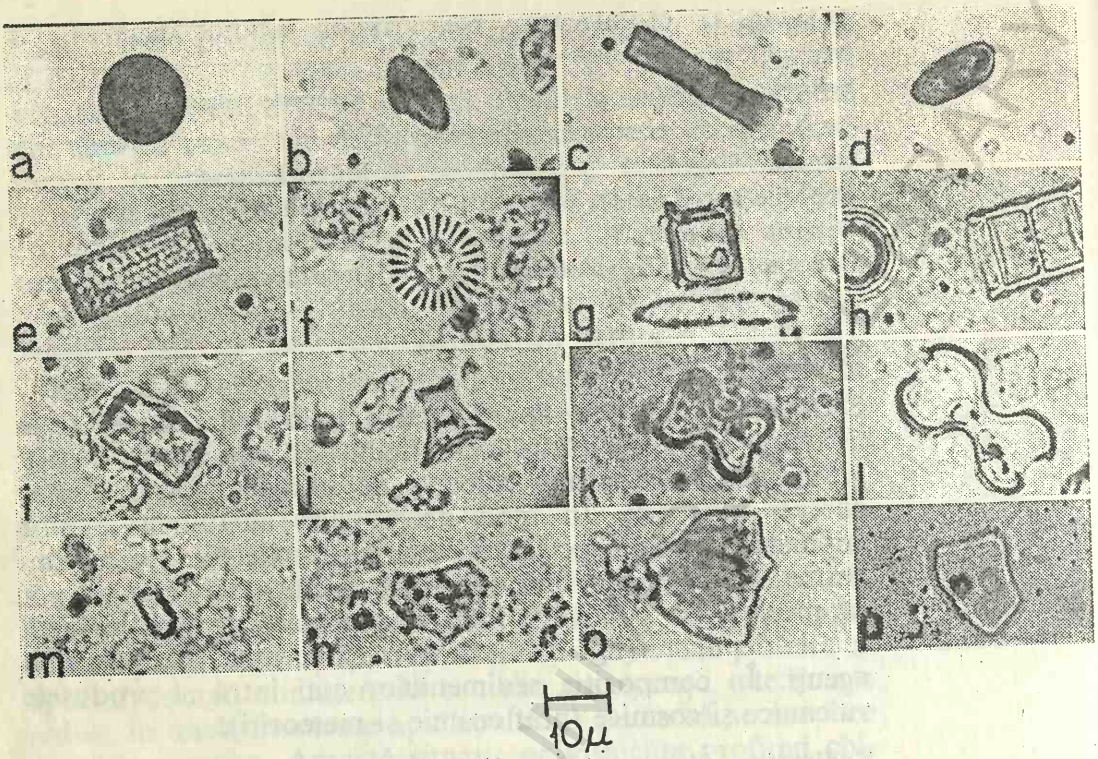


Fig. 8.40 Material tipic provenit de pe uscat, transportat de vînt în apele de suprafață și în atmosfera Atlanticului de nord: a) este o sferulă opacă, probabil de origine industrială; b-d) reprezintă spori de ciupercă; e-h) sînt diatomee de apă dulce; i-l) reprezintă particule de opal precipitate de plante; iar m-p) sînt granule minerale. Segmentul care exprimă scara reprezintă 10μ (o sutime de milimetru) (Fotografie pusă la dispoziție de D. W. Folger).

persarea lor pe orizontală, departe de zona unde au trăit organismele. De obicei, mîlurile calcaroase se acumulează la adîncimi mai mici decît cele silicioase, deoarece cochiliile calcaroase sînt mai solubile decît cochiliile silicioase. Efectul solubilității crește cu adîncimea și descrește cu temperatura; de aceea sedimentele calcaroase apar rareori la adîncimi mai mari de 5000 m. Efectul este mai evident la micile și delicatele cocolite decît la robustele pteropode și foraminifere.

Sedimentele biogene apar în mod obișnuit în zonele cu productivitate biologică ridicată, cum sînt zonele de *upwelling*, sau acolo unde lipsesc alte tipuri de sedimente ori

rata de sedimentare[6] este foarte mică. Depozitele biogene se caracterizează printr-o rată de sedimentare de 1 pînă la 5 cm/1000 ani, ceea ce reprezintă valori considerabil mai mari decît rata de sedimentare a argilelor anorganice.

Depozitele biogene sînt importante pentru oceanografi, ele fiind utilizate pentru obținerea de informații asupra mediului în care au trăit organismele componente. Foraminiferele pelagice, care trăiesc mai ales în apele foarte puțin adînci ale oceanului, sînt cele mai adecvate pentru aceste studii. Unele specii sînt tipice pentru latitudini joase și ape calde, pe cînd altele sînt caracteristice latitudinilor mijlocii sau înalte și apelor reci. În multe cazuri, în carotele de mîl cu foraminifere, caracterul speciilor dominante este deosebit la diferite nivele. Aceste variații sînt datorate modificării condițiilor existente în apele superficiale (fig. 8.43). Variațiile indicate de diferitele specii de foraminifere pot fi datate folosind metoda cu carbon-14 pentru părțile mai de sus și mai recente ale carotei și prin extrapolare pentru părțile mai adînci și mai vechi. De asemenea, unele specii manifestă o schimbare evolutivă care poate fi utilizată ca un indicator reper de timp, permițînd corelarea de la o carotă la alta. În plus, rularea cochiliilor unor specii de foraminifere își schimbă direcția, reacționînd la schimbări de temperatură ale apei în care au trăit aceste specii. Altă metodă de studiu a mediilor de viață din trecut constă în determinarea compoziției izotopice a cochiliilor; raportul O18/O16 poate furniza informații asupra temperaturii apei în care a trăit organismul. Utilizarea combinată a tuturor acestor metode a condus la o descriere rațională a recentelor variații care au avut loc în cadrul oceanului. Aceste date arată că ultima perioadă glaciară s-a terminat aproximativ acum 11 000 de ani și că de atunci, apele superficiale ale oceanului au suferit un proces de încălzire. Înainte de ultima perioadă glaciară a existat o perioadă caldă (numită perioadă interglaciară) care s-a terminat aproximativ acum 60 000 de ani. În intervalul dintre anii 11 000

[6] Este de subliniat că *rata de sedimentare* și *viteza de sedimentare* sînt noțiuni total diferite. În timp ce primul termen reprezintă viteza de acumulare a sedimentelor (grosimea sedimentului corespunzătoare unei anumite perioade de timp), cel de-al doilea termen exprimă viteza de cădere a unei particule într-un fluid (în funcție de densitatea, forma și dimensiunea particulei și de densitatea și viscozitatea fluidului). — *D.J.*

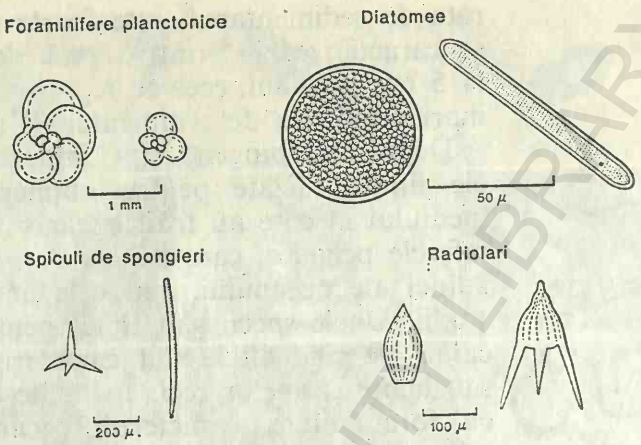
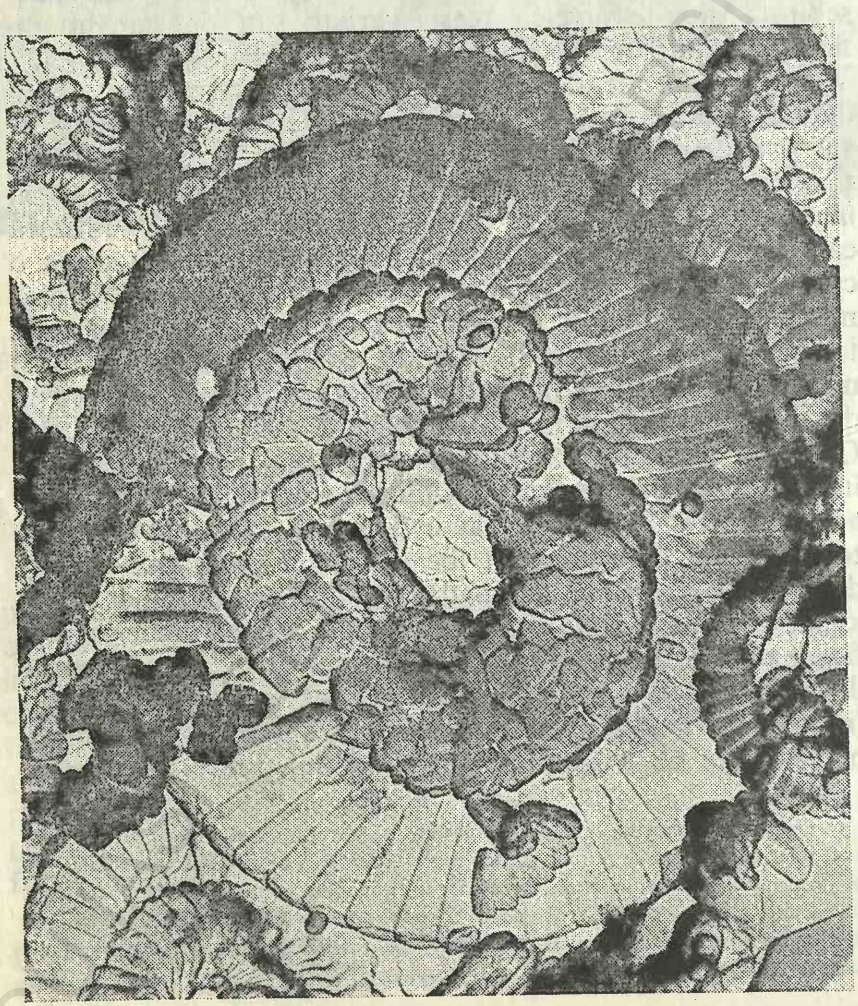


Fig. 8.41 a) Desene ale unor organisme tipice care constituie diferite mîluri organice de pe fundul mării; b) Fotografie cu microscopul electronic a unor cocolite, mărite de 11 000 ori (Fotografie pusă la dispoziție de J. C. Hathaway).



a

b

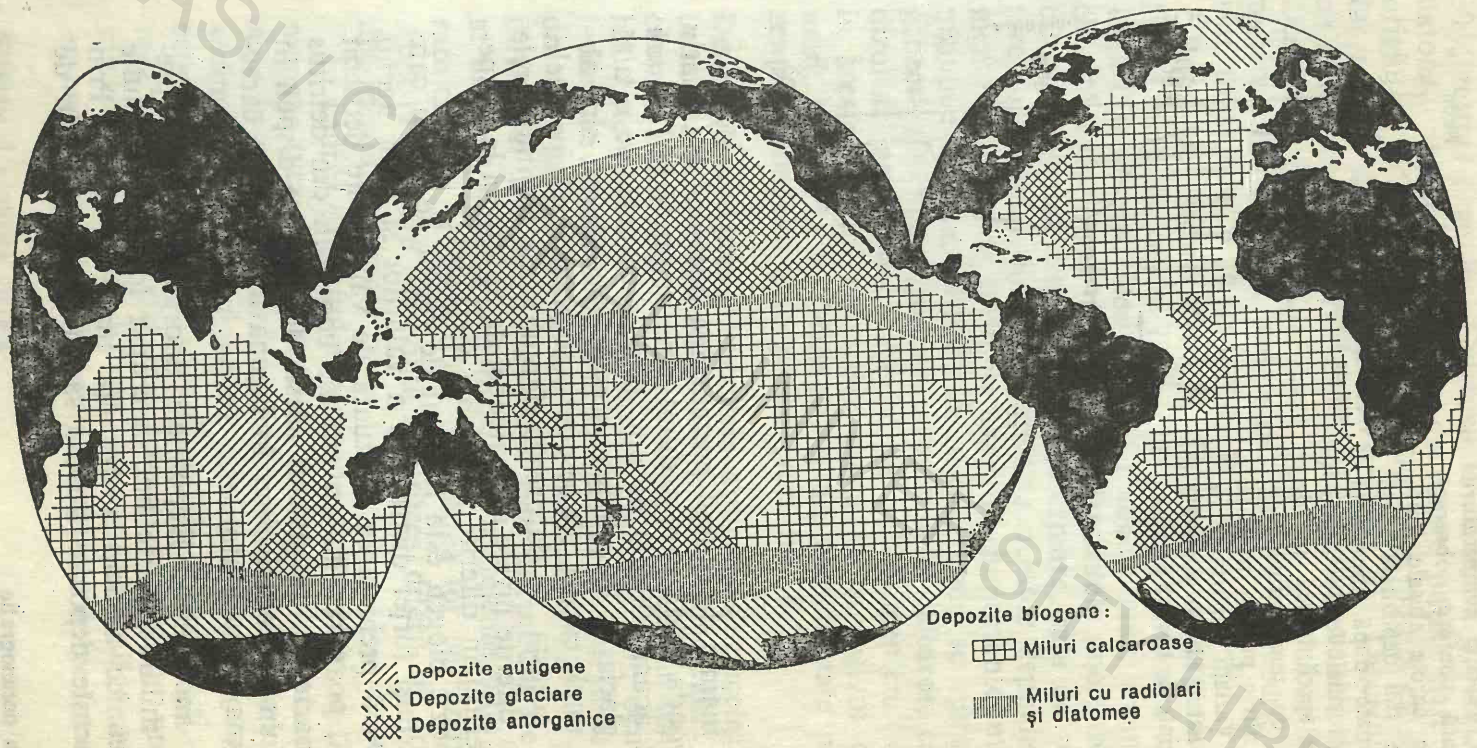


Fig. 8.42 Distribuția generală a sedimentelor pelagice pe fundul oceanului. Sedimentele terigene, cu excepția celor glaciare, nu sînt figurate (După Arrhenius, 1963 și Shepard, 1963).

BCU IASI / C
SITY LIBRARY

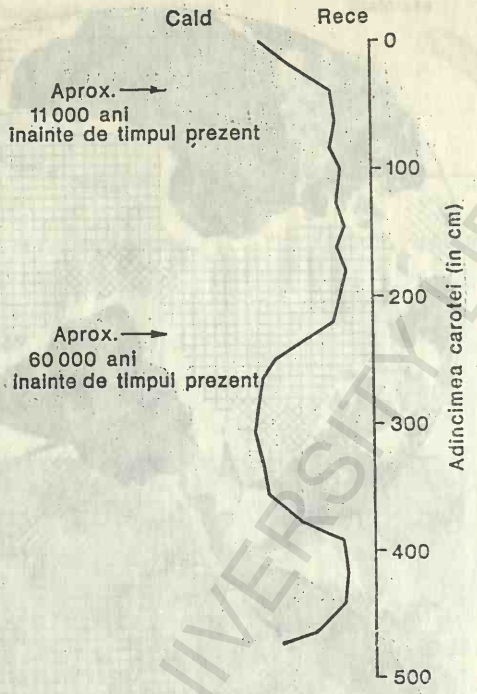


Fig. 8.43 Variația temperaturii generalizată conform observațiilor din carote abisale. Temperaturile din depozitele vechi sînt estimate după abundența relativă a foraminiferelor pelagice. Unele specii indică ape de suprafață cu temperatură ridicată, iar altele pun în evidență ape reci. Variații importante au avut loc acum 11 000 și 60 000 de ani înainte de timpul prezent.

și 60 000 înainte de timpul prezent apa oceanică era relativ rece. Perioada caldă care a durat pînă acum 60 000 de ani a început acum 100 000 de ani, fiind precedată de o altă perioadă glaciară. Rezultatele acestor metode nu sînt absolute; în unele cazuri, ele se contrazic chiar unele pe altele. În parte, aceasta se datorează faptului că foraminiferele pot trăi la diferite nivele ale coloanei de apă (deci la temperaturi diferite) în diferite stadii ale vieții lor.

Alt depozit biogen este furnizat de recifii de corali care au fost expuși forței distructive a valurilor și altor agenți erozivi. Dacă prelucrarea efectuată de valuri este deosebit de intensă, poate rezulta un mîl alb constituit din detritus calcaros foarte fin. În general aceste depozite se dispun în jurul recifului, eventual chiar în laguna internă care caracterizează majoritatea atolilor.

Depozitele anorganice. Depozitele anorganice sînt reprezentate de mîlurile foarte fine care apar în cele mai multe bazine oceanice adînci, la distanță mare de uscat. Prin definiție, aceste depozite trebuie să conțină mai puțin de

30% resturi organice. Culoarea lor este, în general, brună datorită oxidării. Dispunem de foarte puține date asupra originii și sursei acestor argile. S-a emis ipoteza că materialul acestor depozite ar putea proveni din Deșertul Gobi, de unde a fost transportat de vînt și curenții oceanici în nordul Oceanului Pacific. Alte surse posibile ar putea fi praful meteoric sau cenușa vulcanică. În unele cazuri, argilele sînt transformate în philipsit, devenind depozite autigene.

Rata de sedimentare a depozitelor anorganice este foarte mică, de obicei 1 pînă la 2 mm/1000 de ani, sau 1 m/1 000 000 de ani. Desigur că în zonele unde sedimentația de altă natură este mai intensă, depozitele anorganice sînt diluate devenind neglijabile. Prin urmare, rata de sedimentare foarte mică limitează apariția acestor depozite. Sedimente anorganice apar în cantități importante numai în regiunile abisale, departe de uscat, unde se remarcă, în general, absența organismelor cu schelet calcaros, care s-au dizolvat înainte de a ajunge să se sedimenteze. Chiar și în aceste condiții restrictive există totuși regiuni oceanice mari, în special în Oceanul Pacific, caracterizate prin prezența depozitelor anorganice (vezi fig. 8.42).

Depozitele autigene. Depozitele autigene sînt acelea care se formează *in situ* înainte de acoperirea sedimentului. În mod obișnuit aceste depozite sînt precipitate direct din apa oceanului. Este probabil ca mineralul philipsit, care ocupă zone întinse pe fundul oceanic al Pacificului de sud, să facă parte din acest grup. Încă nu este clar dacă acest mineral precipită direct din apa mării, sau dacă este un produs de alterare al unui alt mineral argilos. Unele sedimente suferă o alterare chimică și fizică după cumularea lor pe fundul mării. Această alterare reprezintă un proces diferit de formare a depozitelor autigene.

În cadrul depozitelor autigene sînt incluși și noduli de mangan (vezi fig. 5.2 și 8.44). Aceste depozite, care se întîlnesc în zona marilor adîncimi oceanice, ar putea constitui sedimentele mediului abisal cu cea mai mare importanță economică. De obicei, acești noduli sînt rotunjiți, de mărimea unui cartof, dar mai apar și sub forma unor plăci, sau cruste, pe roci. În mod frecvent nodulii de mangan au un nucleu constituit din resturi organice de pe fundul mării,

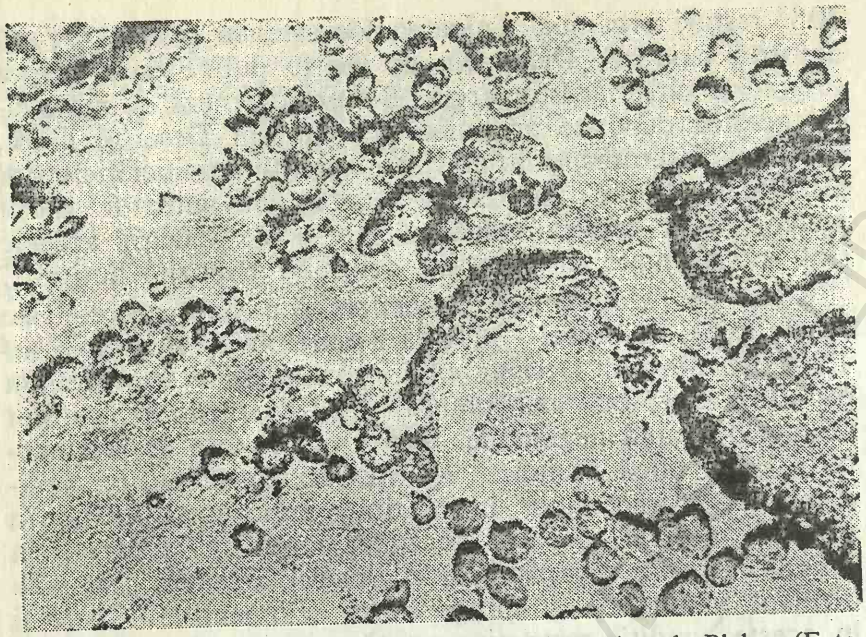


Fig. 8.44 Noduli de mangan fotografiaţi pe Platoul Blake (Fotografie pusă la dispoziţie de C. D. Hollister).

ca de exemplu dinţi de rechini sau osul urechii unui peşte. Întrucît depozitul se formează prin precipitare din apa mării, acoperirea cu sediment a nodulului sau a rocii va determina oprirea procesului de depunere. Distribuţia nodulilor de mangan este, de obicei, restrînsă la zonele a căror rată de sedimentare este mică sau unde există curenţi puternici care împiedică punerea în loc a altor sedimente. Un exemplu al acestei ultime situaţii este Platoul Blake din faţa Floridei, unde cursul rapid al Gulf Stream-ului împiedică acumularea sedimentelor.

Originea nodulilor de mangan a fost discutată de numeroşi cercetători. În cele ce urmează descriem modul de formare a nodulilor după John Mero, 1966. După acest autor, apa mării reprezintă sursa de mangan, fier, silice, aluminiu şi alte elemente comune nodulilor de mangan (tabelul 8.6). Aceste elemente provin în ocean, de pe continente (aduse de rîuri şi vînturi), din lavele vulcanice subacvatice, din rămăşiţele organismelor marine şi din alte surse. Apa mării este aproape saturată cu mangan şi fier.

TABELUL 8.6 COMPOZIȚIA MEDIE A UNOR NODULI DE MANGAN*
(date după MERO, 1966)

Element	Procente în greutate (în stare uscată)	
	Pacific (54 probe)	Atlantic (4 probe)
Mangan	24,2	16,3
Fier	14,0	17,5
Siliciu	9,4	11,0
Aluminiu	2,9	3,1
Sodiu	2,6	2,3
Magneziu	1,7	1,7
Titan	0,67	0,8
Cupru	0,53	0,20
Cobalt	0,35	0,31
Vanadiu	0,05	0,07

* Sînt luate în considerare numai elementele cele mai importante.

Aporturile suplimentare determină precipitarea sub formă de particule coloidale hidratate. În cursul sedimentării lor, străbătînd coloana de apă, particulele coloidale atrag și alte elemente. Ajunse pe fund, ele se fixează pe anumite obiecte. Mecanismul prin care particulele coloidale sînt transformate în noduli nu este cunoscut. Alte ipoteze admit originea bacteriană sau organică a acestor depozite sau reprezintă variații ale teoriei propuse de Mero.

Indiferent de geneza lor, în viitor, nodulii de mangan ar putea reprezenta o sursă economică importantă nu numai pentru mangan, dar și pentru unele elemente rare pe care le conțin, cum sînt cobaltul, titanul, zirconul și vanadiul, care apar și ele în constituția nodulilor. Compoziția nodulilor de mangan poate să varieze în funcție de regiunea lor de apariție (vezi tabelul 8.6). Mero (1962) estimează că pe fundul Oceanului Pacific există aproximativ $1,6 \times 10^{12}$ tone metrice de noduli, în această regiune formîndu-se circa 6×10^{6} tone metrice de noduli pe an. Se consideră că ritmul mediu de creștere a nodulilor de mangan este de aproximativ 1 mm/1000 ani, sau poate chiar mai mic.

Fosforitul reprezintă alt depozit autigen care are importanță economică. În mod obișnuit, acest mineral nu formează depozite importante în zonele marine profunde, ci la adîn-

cimi mai mici de 500 m. Se pare că acest mineral se formează în bazine care sînt practic lipsite de oxigen — un mediu anaerobic. Absența oxigenului poate fi datorată depunerii unor mari cantități de substanță organică produsă în apele de suprafață, care este oxidată (consumînd oxigen) în apele mai adînci.

Depozitele de origine vulcanică. Sedimentele de origine vulcanică, de tipul prafului vulcanic, apar în mod frecvent în unele zone marine adînci. Se poate argumenta că acestea nu sînt depozite pelagice adevărate, întrucît ar putea proveni de la vulcanii situați pe uscat, dar în majoritatea cazurilor aceștia sînt subacvatici. În ambele cazuri, particulele se depun departe de influența uscatului, deci clasificarea lor ca depozite pelagice pare justificată.

În unele zone oceanice, de exemplu în partea de est a Pacificului, rata de sedimentare a cenușii vulcanice a fost așa de mare încît s-a format un strat distinct pe suprafețe întinse. Geneza unor depozite poate fi legată de activitățile vulcanice care au avut loc în timpuri istorice, servind astfel ca orizont-reper pentru corelarea cu alte depozite.

Unele erupții vulcanice mai recente, de exemplu cea a vulcanului Krakatau din anul 1883, au produs nori de praf care au acoperit o mare parte a globului. Materialul mai greu s-a depus acumulîndu-se în apropierea zonei de erupție. Piatra ponce plutește pînă cînd se saturează cu apă, scufundîndu-se apoi. În general, stratele de cenușă din apropierea centrului de erupție includ fragmente de material vulcanic și particule mai mici de roci vulcanice. La distanțe mai mari se depun materiale vulcanice fin granulare, deseori puternic alterate.

Sedimentele terigene

Sedimentele terigene sînt constituite din material provenit de pe continent, care are tendința să se acumuleze în zona cu apă puțin adîncă din apropierea uscatului. Dimensiunile particulelor componente sînt variabile. Materialul biogen este prezent în proporții reduse datorită faptului că, depunîndu-se mai lent, este diluat ca urmare a ratei mari de sedimentare a particulelor terigene. În unele cazuri, materialul terigen poate fi sedimentat în mod catastrofic, datorită alunecărilor submarine sau curenților de turbiditate.

Mîluri terigene. În general, mîlurile terigene au culori variabile. Această variație este cauzată de diferențele de proveniență sau de ambianța de sedimentare. De exemplu, mîlurile negre sînt frecvente în zonele unde există un aport mare de substanță organică, dar insuficient oxigen pentru oxidarea acestei substanțe. Mîlurile roșii sînt tipice zonelor oxigenate.

Mîlurile terigene pot avea în constituția lor granule de cuarț, feldspat și minerale micacee tipice rocilor de pe uscat. Transportul particulelor minerale în zona abisală este datorat, mai ales curenților oceanici și, într-o măsură mai mică, vîntului. Rata de sedimentare este variabilă, depinzînd de apropierea de sursă. În comparație cu sedimentele pelagice, viteza de acumulare a mîlurilor terigene este de cîteva ori mai mare. În apropierea fluviilor mari este frecventă o rată de 100 cm/1000 ani.

Depozite de alunecare. Sînt reprezentate de sedimentele care datorită unui anumit proces s-au deplasat sau au alunecat dintr-o zonă mai ridicată din punct de vedere topografic. Punerea în evidență a acestor tipuri de depozite prin colectare de carote este mai dificilă. Ele pot fi însă recunoscute pe profilele seismice de reflexie (vezi fig. 8.22), în special pe cele transversale, pe piemontul oceanic, unde apar, de multe ori, blocuri mari de sedimente care au alunecat de pe panta continentală mai ridicată și au fost mai mult sau mai puțin deformate.

În anumite condiții, materialul alunecat poate genera un curent de turbiditate, deplasarea în masă a materialului sedimentar fiind înlocuită prin transportul particulelor individuale.

Turbidite. Stratele mai grosier-granulare, constituite din nisip și silt, care apar interstratificate cu mîlurile abisale tipice, sînt în general atribuite depunerii din curenții de turbiditate. Aceste depozite, numite turbidite, există în mod obișnuit în multe regiuni abisale. Grosimea turbiditelor variază de la cîțiva centimetri la cîțiva metri. În general, aceste depozite manifestă o creștere a granulației pe verticală, de la material mai grosier, la baza stratului, la material fin în partea superioară.

De multe ori turbiditele conțin fragmente lemnoase, cochilii de organisme care au trăit în apă superficială și alte mate-

riale care indică proveniența materialului sedimentar din zonele cu apă puțin adîncă. În anumite cazuri, mai ales în largul unor mari canioane submarine, aceste sedimente acoperă suprafețe întinse ale zonei abisale generînd cîmpiile abisale.

Capacitatea erozivă și de transport a curenților de turbiditate a dat naștere unor discuții în contradictoriu (vezi capitolul 7, pag. 275). Deși nu au fost niciodată observați direct, acțiunea acestor curenți a stat la baza explicării originii canioanelor submarine și a altor caracteristici ale fundului mării. Argumentele asupra existenței anumitor tipuri de curenți cu acțiune intermitentă sînt foarte convingătoare; problemele principale se referă la viteza și puterea lor de eroziune.

Sedimentarea turbiditelor este foarte rapidă. Cînd viteza unui curent de turbiditate a scăzut în mod suficient, particulele sedimentare se depun rapid sub acțiunea forței de gravitație. Pe lîngă faptul că sînt frecvente în cîmpiile abisale și în unele fose abisale, se pare că turbiditele au apărut și în trecutul geologic. Ele constituie roci vechi care au caracteristici similare corespondentelor lor marine actuale. Astfel de roci apar în mari bazine alungite numite *geosinclinale* — zone cu sedimentație rapidă care au fost mai tîrziu cutate și faliate, formînd lanțuri muntoase cum sînt munții Apalachee.

Depozitele glaciare. Sedimentele de origine glaciară, comune multor părți ale platformei continentale (vezi fig. 8.13), se acumulează și în regiunile abisale, unde sînt recunoscute datorită conținutului lor ridicat de nisip, silt și uneori pietriș. Inițial, sedimentele au fost transportate de ghețari. Pe măsura topirii lor, resturile din blocurile de gheață erau transportate de curenți pe suprafața oceanului; în stadii de topire avansată, ghețarii își pierdeau sarcina sedimentară, care cădea pe fundul mării formînd depozite glaciare. Aceste depozite sînt deosebit de frecvente în bazinele Arctic și Antarctic.

Rocile de pe fundul mării

Cele mai multe roci care apar pe fundul mării sînt de natură vulcanică, net diferite de rocile granitice tipice de pe uscat. Pe fundul mării, roca vulcanică dominantă este bazaltul, o rocă fin granulară constituită mai ales din feldspați și piroxeni. Bazaltele apar în cele mai multe insule oceanice,

pe dorsalele medio-oceanice și de-a lungul unor zone de fractură. Frecventa lor apariție în ocean sugerează o sursă uniformă de dimensiuni mari, probabil reprezentată de unul dintre stratele crustale.

Pe fundul mării au fost găsite și alte roci, ca noduli de mangan și fragmente cimentate de sedimente calcaroase. Semnificația apariției fragmentelor cimentate de sedimente, bogate în carbonat de calciu, nu este încă pe deplin lămurită. În unele cazuri, ele ar putea indica faptul că sedimentul a fost exondat la un moment dat sau că s-a aflat într-un mediu diferit.

Zone de nedepunere

Se pare că există multe zone de pe fundul oceanului care pot fi considerate suprafețe unde nu are loc procesul de depunere, adică suprafețe lipsite de sedimente actuale. Un exemplu de acest tip este ilustrat de zonele cu apă puțin adîncă unde acumularea sedimentelor este împiedicată datorită acțiunii unor curenți puternici de fund. În oceanele Atlantic și Pacific există zone unde lipsesc depozitele pleistocene, sedimentele de la suprafață fiind de vîrstă pliocenă sau mai vechi. Întrucît aceste suprafețe apar în părțile mai adînci ale oceanului, se poate presupune că de milioane de ani nu s-a produs nici o acumulare de sedimente sau, mai puțin probabil, că depozitele mai tinere au fost înlăturate prin eroziune.

STRUCTURA CRUSTEI

După cel de-al doilea război mondial s-au înregistrat progrese deosebite în domeniul cercetărilor seismice prin refracție și prin reflexie (vezi capitolul 4, pag. 111 și fig. 4.47 și 4.48). Una dintre problemele importante care urmau să fie studiate prin metode seismice era cea a grosimii sedimentelor de pe fundul oceanului. Înainte de utilizarea pe mare a metodelor seismice au existat numeroase speculații asupra acestui subiect. Cei mai mulți cercetători considerau că există sedimente pe grosimi de 2—3 km.

Prospecțiunile seismice prin refracție și reflexie au arătat că pe baza vitezei de propagare a undelor seismice, provocate prin explozii artificiale, crusta (scoarța) terestră poate fi divizată în trei strate concentrice importante (fig. 8.45).

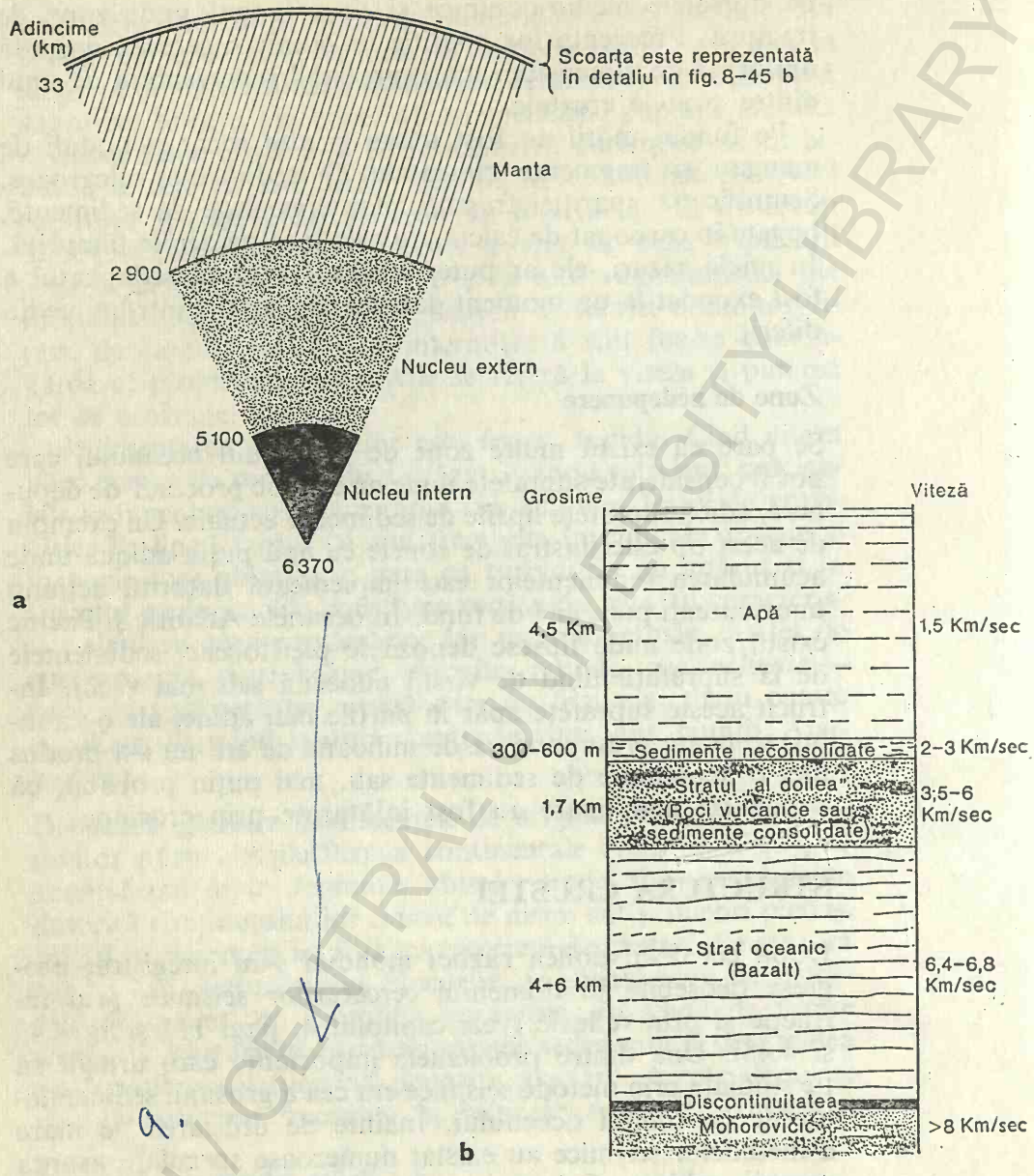


Fig. 8.45 a) Diferite strate din constituția internă a pământului, figurate fără exagerarea scării verticale; b) Structura generală a crustei (scoarței) oceanice a pământului este determinată prin studii seismice (refracție și reflexie). Acestea sînt numai stratele importante. În cadrul acestor strate se pot face numeroase subdiviziuni. Scara nu este exactă.

BCU Cluj / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

În multe cazuri se pot deosebi și unități mai mici existente în cadrul stratelor mai mari. Primul strat, despre care știm prin probe directe că este format din sedimente neconsolidate, are o viteză de propagare a sunetului de aproximativ 2 pînă la 3 km/sec. În mod obișnuit, acest strat are grosimea de aproximativ 300 m, în Pacific și aproximativ 600 m, în Atlantic. Grosimea mică a acestui strat a surprins pe cei mai mulți cercetători, care se așteptau la o acumulare mult mai importantă. Estimarea inițială se baza pe extrapolarea în timp geologic a ratei de sedimentare actuală și pe aprecierea cantității de material deplasată de pe continent. Pe baza acestor estimări, sedimentele puse în evidență, în ocean, s-ar fi putut acumula într-un interval de numai 400 de milioane de ani. Acest interval de timp reprezintă mai puțin de 10% din timpul geologic apreciat ca reprezentînd vîrsta oceanelor. Din această dilemă există cîteva ieșiri posibile: fie că sedimentele au fost consolidate și apar ca un strat mai adînc din cadrul crustei terestre sau că o parte din sedimente au fost îndepărtate din ocean. A treia posibilitate este că estimările sînt greșite, oceanele fiind elemente relativ tinere ale Pămîntului.

E.L. Hamilton (1959) a emis ipoteza că pe măsură ce crește acumularea de material sedimentar pe fundul mării, depozitele de la partea superioară ar provoca compactizarea și consolidarea sedimentelor subjacente, ceea ce ar determina creșterea vitezei de propagare a sunetului. Prin urmare, în unele zone așa-numitul „al doilea strat" care există sub sedimente poate fi alcătuit din sedimente consolidate. Chiar dacă această teorie ar fi în întregime corectă, ea nu ar elucida problema tuturor sedimentelor care lipsesc. Poate că oceanele nu au existat de la începutul timpului geologic. Posibilitatea ca sedimentele să fi fost îndepărtate de pe fundul mării va fi discutată cu ocazia prezentării ipotezei derivei continentelor și a expansiunii fundului oceanic (vezi pag. 360).

Stratul care există sub sedimente este caracterizat printr-o viteză a sunetului de aproximativ 3,5 la 6,0 km/sec, cu o valoare medie de aproximativ 5,0 km/sec. Acest strat are grosimea de aproximativ 1,7 km; cifrele pot suferi variații mari, datorită topografiei fundului oceanic, a modului diferit de efectuare și interpretare a observațiilor și a deficiențelor privitoare la sensibilitatea metodelor de măsurare.

Vitezele de propagare a sunetului, observate în stratul al doilea, corespund unei mari varietăți de roci, inclusiv sedimentelor compactizate, așa cum a sugerat Hamilton. Stratul respectiv ar putea fi alcătuit, pe alocuri, din roci vulcanice *in situ*, ceea ce este indicat de faptul că, în general, grosimea sa crește în apropierea insulelor vulcanice. Rezultatele forajelor marine, efectuate la mari adîncimi, vor ajuta la rezolvarea acestei probleme.

Cel de-al treilea strat important al crustei oceanice este uniform ca viteză, care variază între 6,4 și 6,7 km/sec, și grosime, cuprinsă între 4 și 6 km. Uniformitatea sa sugerează că avem de-a face cu un caracter major al crustei oceanice. Acest strat este numit „stratul oceanic" și se presupune că este constituit din roci bazaltice. Este posibil ca acest strat să afloreze de-a lungul Dorsalei Medio-Atlantice, unde domină rocile bazaltice.

Aceste trei strate constituie crusta oceanică a Pămîntului. Există o diferență fundamentală între scoarța de sub continente și scoarța de sub oceane, atît ca grosime, cît și ca compoziție (fig. 8.46). Grosimea medie a crustei continentale este de aproximativ 35 km, pe cînd crusta oceanică are o grosime medie de aproximativ 11 km, inclusiv stratul acoperitor de apă de 4,5 km. Principalul tip de rocă al continentelor este granitul, în timp ce în zona oceanică este caracteristic bazaltul.

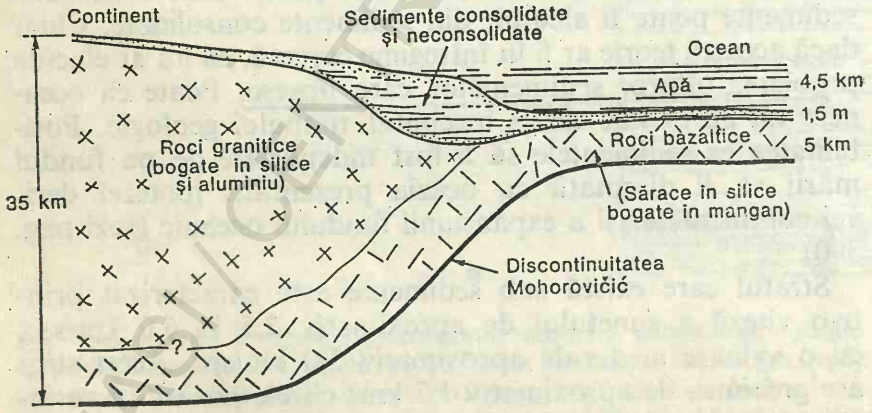


Fig. 8.46 Structura crustală sub continent și sub bazinul oceanic, după date geofizice. Se observă că trecerea bruscă de la structura continentală la cea oceanică se produce în zona pantei continentale.

La baza celui de-al treilea strat se află discontinuitatea Mohorovičić (Moho), unde viteza sunetului crește la aproximativ 8,0 km/sec. Această discontinuitate marchează baza scoarței și partea cu totul superioară a mantalei terestre. Există o considerabilă diversitate de opinii asupra posibilităților ca acest strat să reprezinte un material cu compoziție chimică diferită sau numai o schimbare de fază (cum ar fi apa transformată în gheață) datorată creșterii presiunii și temperaturii.

În general discontinuitatea Moho apare la aproximativ 6,5 km sub cea mai mare parte a fundului oceanic. Totuși, există unele diferențe. Sub fose și sub Dorsala Medio-Atlantică și Dorsala Est-Pacifică, suprafața Moho apare la adîncime ceva mai mare în comparație cu fundul oceanic înconjurător. În unele mări marginale și în zona situată la marginea continentelor, discontinuitatea Moho apare la o adîncime intermediară față de cea a oceanelor și a continentelor (sub continente discontinuitatea Moho se află în medie la aproximativ 35 km).

ORIGINEA BAZINELOR OCEANICE

Din cele prezentate rezultă că există diferențe evidente între crusta continentală și cea oceanică. Aceste deosebiri par să indice că bazinul oceanic și continentele au existat ca entități separate în cursul celei mai mari părți a timpului geologic. Dacă o parte adîncă a bazinului oceanic ar fi fost cîndva exondată, aceasta s-ar putea recunoaște prin studiul secvenței depozitelor sale sedimentare. De asemenea, structura crustală ne-ar putea indica dacă un continent ar fi fost acoperit de ape într-o anumită perioadă.

Este normal să ne punem întrebarea de ce o parte a globului terestru este acoperită de o crustă groasă, pe cînd în alte părți această crustă este practic absentă. Una dintre teoriile care încearcă să răspundă la această întrebare consideră că pămîntul își mărește volumul și la un anumit moment întregul glob a fost acoperit de această scoarță groasă. Crusta a fost spartă în numeroase zone, expansiunea avînd loc de-a lungul acestor sectoare de rezistență minimă ocupate astăzi de bazinele oceanice.

Au fost emise numeroase alte teorii. Fără îndoială că încă înainte de apariția acestei cărți unele teorii noi vor fi

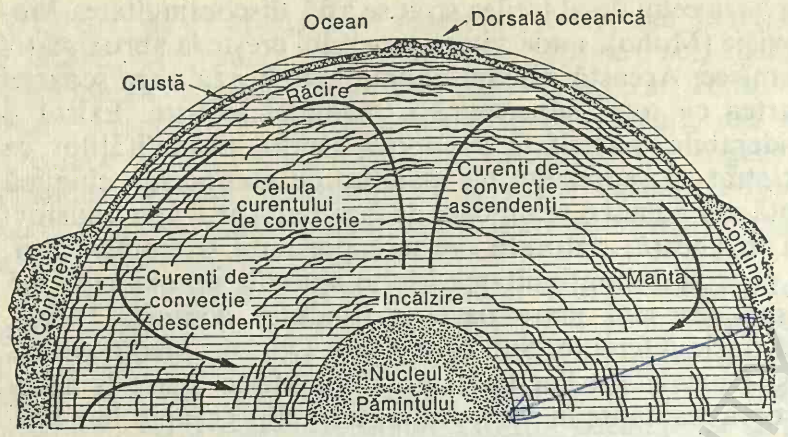


Fig. 8.47 Model posibil ilustrînd celulele curenților de convecție care acționează în mantaua terestră. De remarcat că continentele se află în zona descendentă a celulei de convecție, iar crestele oceanice apar în zona ascendentă.

verificate și altele, mai vechi, abandonate. Teoriile principale sînt: ipoteza derivei continentale și, mai recent, cea a expansiunii fundului oceanic.

Deriva continentală și expansiunea fundului oceanic

Oamenii de știință au observat de mult timp simetria conturului continentelor de pe cele două părți ale Atlanticului, ceea ce le-a sugerat că a existat un continent unic care a fost divizat cîndva, în trecut. Această idee, denumită derivă continentală, a fost prezentată pentru prima dată de von Humboldt la începutul secolului XIX. Ipoteze mai moderne au fost avansate de Suess în 1888, Taylor în 1910 și Wegener în 1912. Aceste teorii consideră că ariile continentale plutesc pe materialul subcrustal, mai adînc și mai greu. Una dintre forțele care ar produce deplasarea ar putea fi curenții adînci de convecție, care acționează în cuprinsul mantalei terestre (fig. 8.47). Curenții sînt inițiați de încălzirea inegală a mantalei pămîntului, cea mai mare parte a căldurii fiind eliberată în timpul dezintegrării elementelor radioactive conținute în toate rocile. Mantaua are temperatură mai ridicată în apropierea nucleului și este mai rece în vecinătatea crustei; de aceea se produce o circulație celulară, de tipul celei ce ia naștere într-un vas cu apă încălzit la partea inferioară.

Această mișcare lentă ar putea antrena părți mai ușoare ale crustei, continentele concentrîndu-se spre partea descendentă a celulelor de convecție. Dorsalele oceanice, care par să aibă caractere tensionale, s-ar fi format în partea ascendentă a celulei de convecție.

Datele geologice noi au fost uneori în favoarea, alteori în defavoarea, derivei continentale. Această teorie a devenit obiectul unei controverse geologice. Oponenții săi argumentau că pentru deplasarea continentelor erau necesare forțe imense și că în multe zone deriva nu era suficient argumentată. Dacă continentele se deplasau, pe traseul lor ar fi trebuit să existe un fund marin nou, lipsit de sedimente. Altă obiecție atrăgea atenția asupra structurii complet diferite care există sub oceane și sub continente (vezi fig. 8.46), ceea ce sugerează un anumit grad de permanență a ambelor regiuni. Marile deplasări (de mii de kilometri) păreau de asemenea nerație-nale, căci pe uscat nu exista nici o observație care să evidențieze un tip similar de deplasare în masă. Această obiecție a fost respinsă în urma cercetărilor magnetice efectuate în largul coastelor Californiei (vezi fig. 8.33), ale căror rezultate au arătat că asemenea deplasări sînt posibile.

Opiniile celor ce susțin ipoteza derivei continentale pot să difere, în unele detalii. În general, ei consideră că actualele continente au fost unite într-un supercontinent care s-a divizat la un anumit moment, probabil în timpul mezozoicului. Prin reconstituirea presupusei poziții originare a continentelor, numeroase caractere geologice majore se aliniază, extinzîndu-se de-a lungul cîtorva continente (fig. 8.48). De asemenea, există numeroase date care sugerează că polii magnetici au migrat în trecutul geologic. Această migrație contribuie la explicarea faptului că, în trecut, ghețarii au acoperit regiuni care au astăzi caracter tropical. Cu alte cuvinte, este posibil ca unele părți ale supercontinentului originar să fi fost situate la unul dintre poli. Totuși, unii cercetători au observat că aproape orice rearanjare a continentelor lasă în apropierea ecuatorului o importantă regiune cu caracter glaciar.

Principala dificultate a ipotezei derivei continentale este aceea de a explica cum poate o arie continentală să devină arie oceanică, atunci cînd continentele sînt mase ușoare care plutesc pe un strat mai adînc și mai dens.

Noua ipoteză a expansiunii fundului oceanic, propusă de R. S. Dietz (1961) și H. H. Hess (1962) și care încorporează părți ale teoriilor mai vechi, a fost capabilă să răspundă multor obiecții adresate derivei continentale. Noua ipoteză, sprijinită de numeroasele date ce pot fi verificate (susținerea celorlalte ipoteze fiind dificilă), presupune că există chiar o deplasare a fundului mării (curenții de convecție reprezentînd forța antrenantă). Deplasarea începe din zona dorsalelor mediano-oceanice, de unde se dezvoltă în direcții opuse, perpendiculare pe dorsale. În golul care rezultă se formează o suprafață nouă a fundului, constituită din material bazaltic ce provine din manta. Imaginea generală este cea a unei benzi rulante care acționează de la creastă către și, eventual, sub continent (fig. 8.49). Prin urmare, creasta reprezintă o arie de *upwelling* crustal unde este furnizat material nou. Marginile externe ale continentelor, reprezentate probabil de fose sau de baza pantei continentale, sînt arii de coborîre (*downwelling*) a materialului crustal. Cantitatea mare de flux termic și seismicitatea dorsalelor oceanice sînt date compatibile cu această ipoteză, conform căreia rocile vulcanice sînt din ce în ce mai vechi pe măsură ce ocupă zone

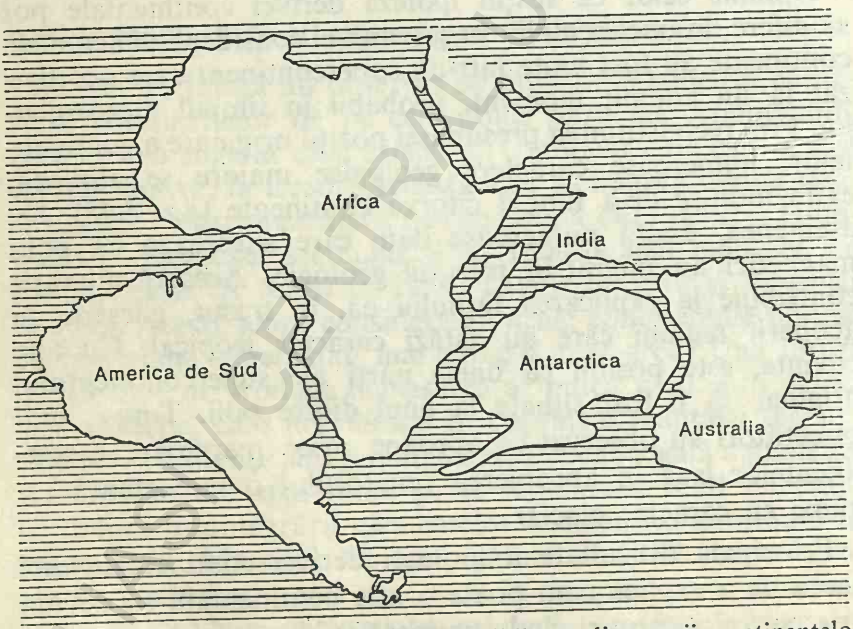


Fig. 8.48 Una dintre reconstrucțiile posibile a dispunerii continentelor înainte de inițierea derivei continentale.

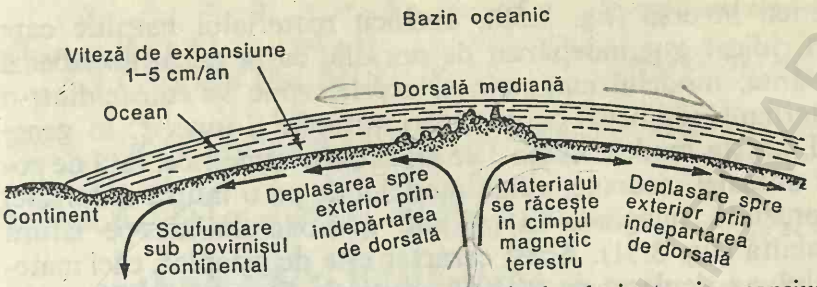


Fig. 8.49 Diagramă ilustrînd punctele principale ale ipotezei expansiunii fundului marin. În timpul răcirii rocii mineralele magnetice se orientează paralel cu cîmpul magnetic terestru. Dispoziția care rezultă (influențată de inversările cîmpului magnetic) poate fi utilă pentru estimarea vitezei de expansiune (vezi fig. 8.51).

mai depărtate de axa dorsalei. De aici rezultă modul de verificare a teoriei expansiunii fundului marin. În consecință, una dintre sarcinile cele mai importante ale Proiectului de Foraje Marine Adînci (D.S.D.P) este stabilirea vîrstei rocilor vulcanice care se află sub sedimentele abisale.

Ipoteza expansiunii fundului oceanic a avansat considerabil datorită observațiilor magnetice efectuate pe fundul mării. În deceniul VI al secolului al XX-lea, studiile întreprinse în largul coastelor Californiei au arătat că un sistem linear de anomalii magnetice poate fi urmărit pe o mare suprafață a oceanului. A fost pus în evidență faptul că anomaliile magnetice lineare sînt paralele cu dorsalele mediane. Aceste anomalii au fost interpretate ca indicînd faptul că rocile au fost solidificate în cîmpul magnetic terestru actual, atunci cînd ele au valori pozitive. Dacă roca a fost solidificată într-un cîmp invers (inversarea poziției polilor nord și sud) anomaliile au valori negative.

Astfel, rezultă că datorită deplasării lente a curenților de convecție în cuprinsul mantalei terestre, în zona scoarței se acumulează în mod gradat material vulcanic (și magnetic). În cursul răcirii și solidificării acestui material, mineralele magnetice se aliniază paralel cu direcția cîmpului terestru. Materialul care se răcește în cursul actualei perioade de timp va fi orientat normal și va da valori pozitive. În trecutul geologic au existat perioade cînd polii pămîntului erau în poziție inversă, un fapt bine documentat dar încă incomplet lămurit. În consecință, rocile solidificate în cursul acestor perioade vor fi caracterizate printr-o orientare mag-

netică inversă (fig. 8.50). Întrucît materialul bazaltic care s-a ridicat este îndepărtat de dorsală, ca în cazul unei benzi rulante, modelul magnetic al acestei zone va consta dintr-o alternanță de benzi cu orientări normale și inverse. În general, aceste modele magnetice sînt foarte simetrice, față de zona dorsalei mediane, adică modelul de pe o latură a dorsalei reprezintă imaginea în oglindă a modelului de pe latura cealaltă (fig. 8.51). Acest caracter este de așteptat, căci materialul s-a deplasat pe ambele laturi ale dorsalei, în sens opus (vezi fig. 8.49).

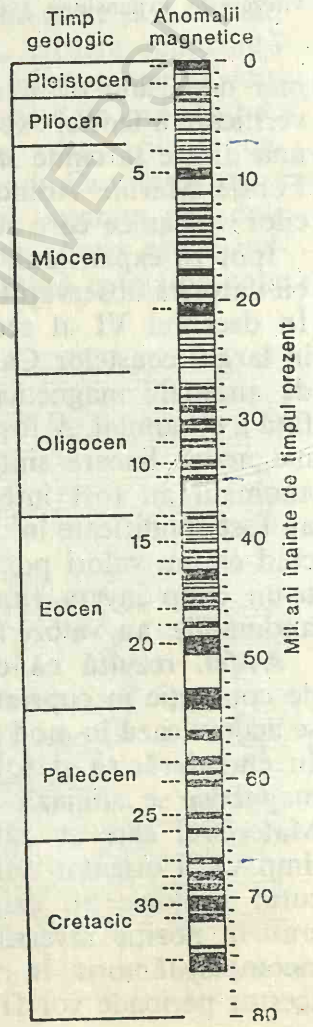


Fig. 8.50 Scara cronologică geomagnetică. Această scară este elaborată prin determinarea vîrstei inversărilor cunoscute pe uscat și prin extrapolarea rezultatelor la inversiunile detectate în rocile oceanice (vezi fig. 8.51). Numerotarea anomaliilor magnetice este aceeași în fig. 8.51. Zonele negre indică perioadele cînd polii se aflau în poziție normală, iar spațiile goale corespund perioadelor de inversare a polilor (După Heirtzler et al., *Journal of Geophysical Research*, fig. 3, *73*, 1968, pp. 2119—2136).

BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

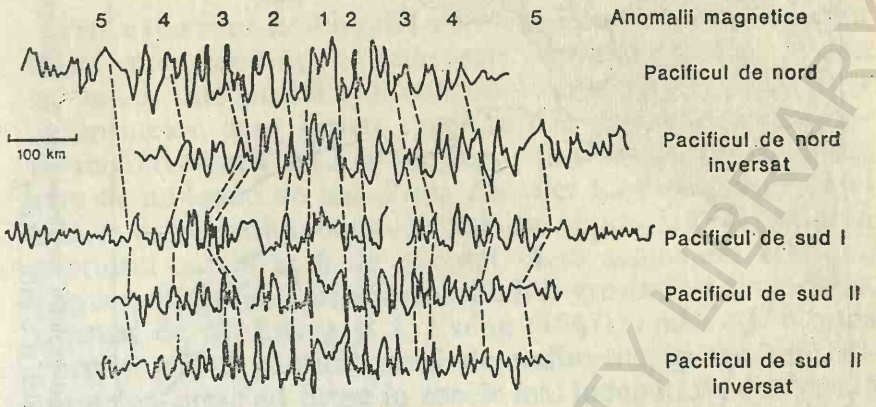


Fig. 8.51 Profile magnetice înregistrate în diferite zone ale Oceanului Pacific. Cifrele se referă la anomaliile individuale (vezi fig. 8.50). Liniile întrerupte subliniază corelarea anomaliilor. Anomalia numărul 1 este pe axa dorsalei. Pentru a pune în evidență simetria modelului, două dintre profile sînt inversate (După Pitman și colab., *Journal of Geophysical Research*, fig. 4, *73*, 1968, pp. 2069—2085).

Anomaliile de pe fundul mării au fost corelate cu anomaliile magnetice de pe uscat, acestea din urmă fiind datate prin metode radioactive. Dacă corelarea este corectă, se pot data diferitele părți ale modelului observat pe fundul mării, ceea ce conduce la posibilitatea de estimare a vitezei de expansiune. În acest mod s-a stabilit că, în multe regiuni, viteza de expansiune are valori de 1 pînă la 5 cm/an (fig. 8.52). Viteza de 1 cm/an echivalează cu o deplasare a fundului mării de 10 km (aproximativ 6 mile) într-un milion de ani. Această valoare reprezintă una dintre datele care susțin posibilitatea ca blocurile continentale de pe cele două părți ale Atlanticului să fi fost unite cîndva în cursul mezozoicului, un fapt compatibil și cu ideea derivei continentale. Teoria expansiunii fundului oceanic nu este confruntată de dificila problemă a transformării unei arii continentale într-o arie oceanică. În concepția sa, în zona dorsalelor medio-oceanice se formează, în mod constant, fund marin nou, în timp ce fundul vechi dispare la marginile blocurilor continentale (vezi fig. 8.49). Dacă pămîntul își mărește volumul, așa cum admit numeroși cercetători, continentele pot crește prin acumulare de material la marginile lor, în același timp mărindu-se și suprafața oceanelor.

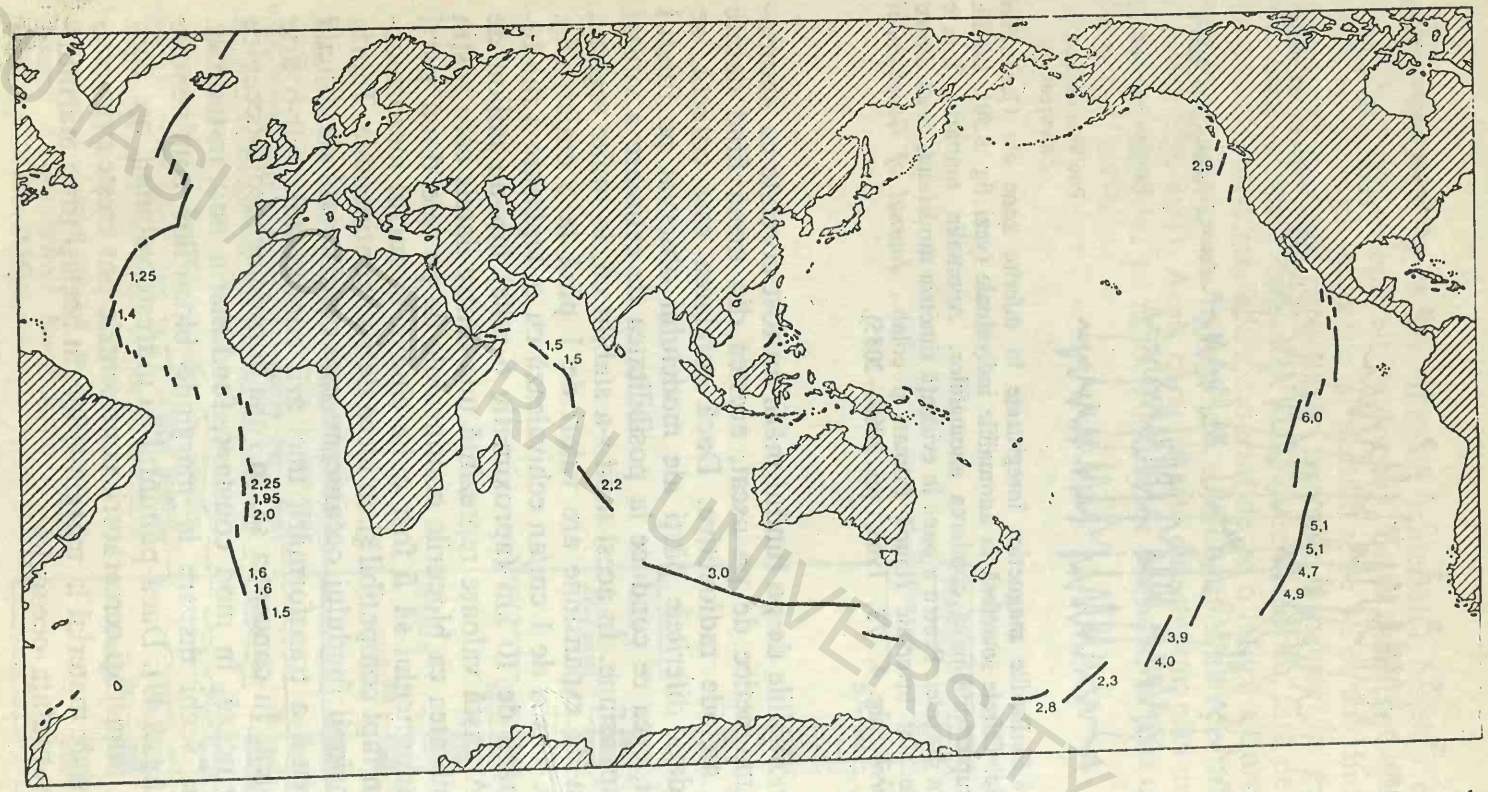


Fig. 8.52 Viteza de expansiune în diferite zone oceanice. Liniile solide definesc axa dorsalelor medio-oceanice. Numerele de lîngă axă indică valoarea vitezei de expansiune în centimetri pe an (După Heirtzler și colab., 1968).

BCU TIMIȘOARA CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Prin expansiunea fundului marin se poate explica de ce nu există mari cantități de sedimente pe fundul mării. Banda rulantă a transportat sub continente cea mai mare parte a sedimentelor care lipsesc, sedimentele existente astăzi reprezentînd numai ceea ce s-a depus în ultima sută sau două sute de milioane de ani. Zona dorsalei fiind partea cea mai tînără a bazinului oceanic, aceasta reprezintă și zona în cuprinsul căreia ar fi de așteptat să se acumuleze cele mai puține sedimente. Într-adevăr, studiul grosimii sedimentelor, efectuat de M. Ewing și J. Ewing (1967), arată că în zona dorsalei există cantități mici de sedimente, grosimea sedimentelor crescînd brusc în zonele mai îndepărtate de dorsală (fig. 8.53). Acest caracter este interpretat de M. Ewing și J. Ewing ca o indicație a discontinuității expansiunii. Ei sugerează că actuala expansiune a fundului oceanic a început aproximativ acum 10 milioane de ani cu o lungă perioadă de liniște, sedimentele fiind depuse anterior. Conceptul de ex-

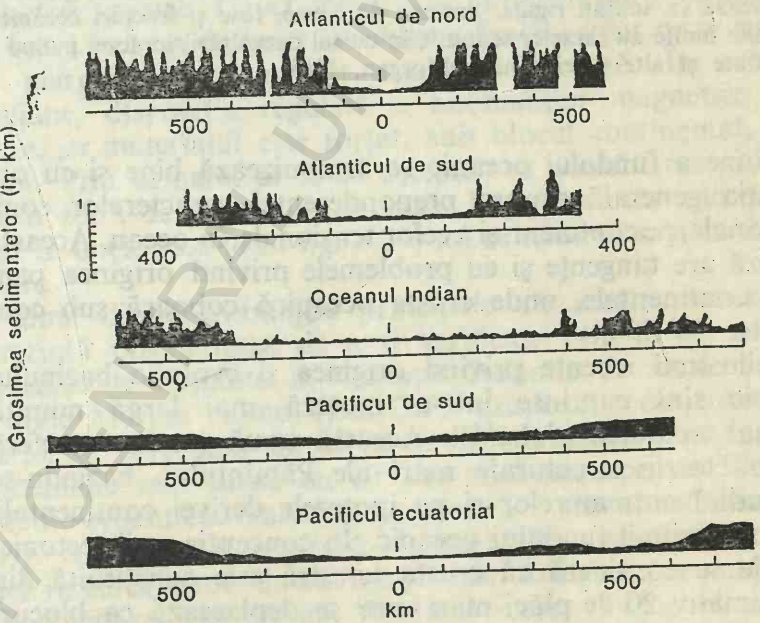


Fig. 8.53 Grosimea sedimentelor în zona dorsalei medio-oceanice. Axa crestei este la km 0. Se observă absența sedimentului pe creastă și creșterea abruptă a grosimii sedimentului la oarecare distanță de creastă, pe ambele sale laturi (După M. Ewing și J. Ewing, *Science*, fig. 3, *156*, 1967, p. 1590—1592; Copyright, 1967, al Asociației americane pentru progresul științei).

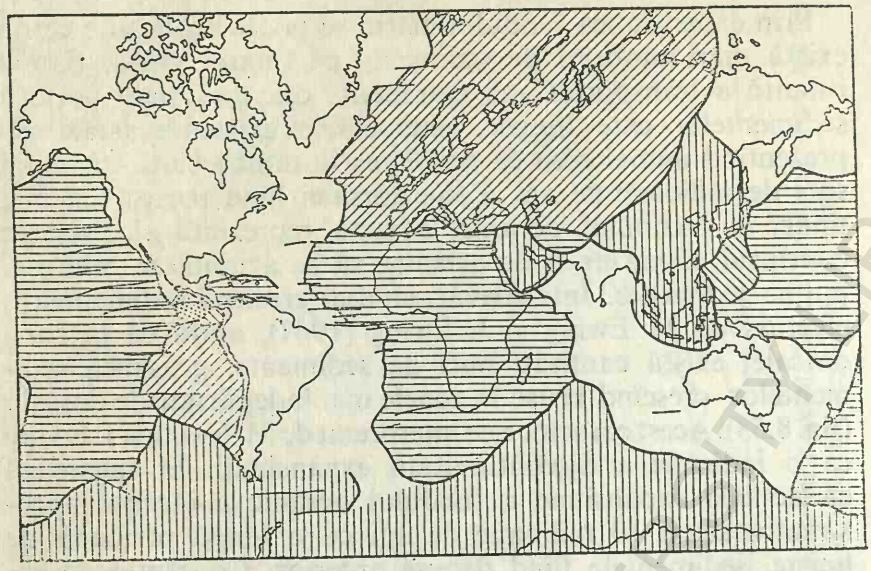


Fig. 8.54 Diferitele plăci care joacă un rol important în ipoteza Noii tectonici globale privind dezvoltarea crustei terestre. Aceste plăci se deplasează ca unități rigide, limitate de creste, fose și fracturi oceanice. Anumite limite au caracter tentativ, în cursul dezvoltării ipotezei putînd fi delimitate și alte plăci (După Morgan, 1968).

pansiune a fundului oceanic se armonizează bine și cu observația generală asupra preponderenței caracterelor compresionale, pe continent, și a celor tensionale, în ocean. Această ipoteză are tangențe și cu problemele privind originea pantelor continentale, unde crusta oceanică coboară sub continente.

Ideile mai recente privind originea și evoluția bazinului oceanic sînt cuprinse într-o ipoteză mai largă numită „Noua tectonică globală". Această nouă teorie se referă la caracterele structurale mari ale Pămîntului, bazîndu-se pe studiul cutremurelor și pe ipotezele derivei continentale și a expansiunii fundului oceanic. În concepția noii tectonici globale se consideră că crusta terestră este constituită din aproximativ 20 de plăci mari care se deplasează ca blocuri rigide (fig. 8.54). Limitele plăcilor sînt zone active din punct de vedere seismic. De-a lungul crestelor se poate forma material crustal care poate fi anihilat în fose, în timp ce de-a lungul zonelor de fractură nu se formează și nici nu se distruge material.

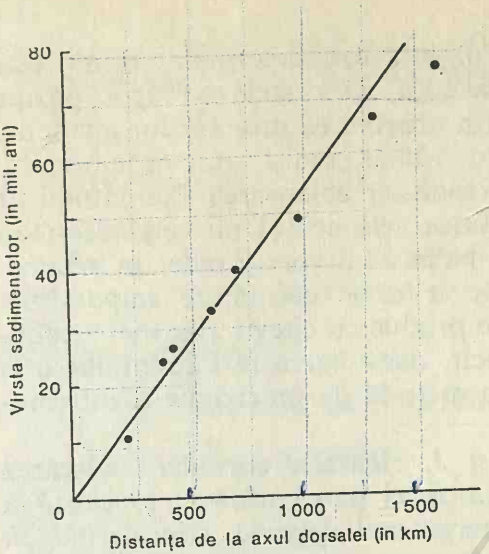


Fig. 8.55 Vîrsta celor mai vechi sedimente (din partea de sud a Atlanticului) și distanța lor față de axa crestei. Linia diagonală indică vîrsta sedimentelor și distanța față de axă, corespunzătoare unei viteze de expansiune de 2 cm/an (După Peterson, 1969).

Există unele puncte cu caracter nevralgic pentru toate cele trei ipoteze. De exemplu, sînt implicate forțe și mișcări la scară extrem de mare. Problema fenomenelor ce se petrec la marginea continentelor este mai confuză. În această regiune, dispoziția regulată a anomaliilor magnetice dispare, iar materialul este forțat, sub blocul continental, mai ușor. Prin urmare, ar fi de așteptat ca această margine să fie o zonă de deformare intensă. Uneori acesta este cazul, dar în unele fose (vezi fig. 8.34) nu se observă nici o deformare.

Unul dintre avantajele principale ale acestor ipoteze îl prezintă posibilitatea de a fi verificate prin foraje adînci. Rezultatele obținute în Oceanul Atlantic de Proiectul de Foraje Marine Adînci (D.S.D.P.) arată că sedimentele inferioare, care stau direct pe rocile vulcanice, sînt în mod sistematic mai tinere cu cît sînt mai aproape de Dorsala Medio-Atlantică. Variația sistematică a vîrstei sedimentelor (fig. 8.55) indică o viteză de expansiune similară cu cea determinată după datele magnetice. Aceste fapte susțin cu tărie ipoteza expansiunii fundului marin. Poate că atunci cînd vor exista aparate mai sensibile, verificarea poate fi extinsă și mai mult, prin măsurarea deplasării reale din zona dorsalei.

Unele trăsături, la scară mare, ale Pămîntului, pot fi asociate cu faptul că Pămîntul suferă un oarecare balans

în jurul axei sale. Acest fapt a fost determinat prin viteze efectuate cu telescopul asupra unor stele a căror poziție este cunoscută exact și prin observarea mișcării lor aparente. Cauza acestor mișcări a rămas mulți ani necunoscută. Observațiile recente sugerează că balansarea Pământului ar putea fi legată de activitatea seismică. Unii cercetători au observat că amplificarea balansului corespunde, în general, cu perioadele de apariție a unor cutremure importante. De fapt, aceste variații se produc cu cîteva zile înaintea cutremurelor mari, astfel încît, dacă balansul Pământului ar fi urmărit, am dispune de o metodă de previziune a cutremurelor.

Geofizicianul american J. Heirtzler consideră mișcarea de balans nu ca o consecință, ci mai curînd ca o cauză a cutremurelor. Heirtzler merge mai departe, considerînd că balansul influențează deplasarea materialului preconizată de ipoteza expansiunii fundului oceanic, putînd chiar să contribuie la explicarea inversiunilor cîmpului magnetic terestru. Este evident că în anii următori se vor obține date importante privind originea continentelor și a bazinelor oceanice.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

9 Resursele oceanului

RESURSE CHIMICE

RESURSE BIOLOGICE

MEDIUL MARIN ȘI POLUAREA

RESURSE GEOLOGICE

ALTE UTILIZĂRI ALE OCEANULUI PLANETAR

VIITORUL OCEANOGRAFIEI

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

În capitolele precedente ne-am ocupat de diferitele domenii științifice ale oceanografiei. Sper că cititorul și-a putut da seama de imensa importanță a oceanului ca și de dificultățile cercetătorului care își desfășoară activitatea într-un asemenea mediu. În acest capitol voi prezenta importanța oceanului pentru om, în special din punct de vedere economic [1]. Este necesar să ne amintim că cunoștințele noastre despre ocean se acumulează continuu și, ceea ce este poate mai important, se dezvoltă și posibilitățile noastre tehnice de a-l exploata. Un exemplu al acestei dezvoltări tehnologice îl reprezintă progresul înregistrat în forajul marin pentru extragerea petrolului. În anul 1967 se puteau fora 15 000 ft la o adîncime a apei de 135 ft, dacă granicul se afla pe fundul oceanului, sau la adîncimea de 600 ft, cu ajutorul unei platforme de foraj plutitoare. La sfîrșitul anului 1968 „Glomar Challenger" (fig. 9.1), o navă nouă de foraj, a forat 2740 ft sub fundul oceanului în timp ce staționa la 19 075 ft deasupra fundului. Prin urmare, există posibilități de a se atinge și explora aproape orice zonă a fundului oceanic [2].

Concluzia clară a relatărilor care urmează este faptul că nu se cunoaște întregul potențial al mării și că, deci, se pot face doar previziuni asupra viitoarei sale valori economice.

[1] Noile cunoștințe despre mări și oceane certifică existența unor posibilități enorme de sporire a utilizării acestor zone vaste în folosul omului; bogățiile naturale ale mărilor și oceanelor oferă omenirii resurse nebănuite pentru asigurarea necesarului de energie și materii prime, inclusiv minereuri și proteine. De pe acum venitul global rezultat din folosirea mărilor și oceanelor reprezintă circa 60 miliarde de dolari; din acestea 18—20 miliarde provin din transportul maritim, 8 — din pescuit, 6 — din extracția de petrol și gaze naturale. Producția de pește din mări și oceane se ridică la 65 milioane de tone, cu posibilitatea unei dublări în următorii 10 ani. Petrolul extras din teritoriile submarine reprezintă de pe acum 18—20% din producția mondială și se estimează că în 1980 proporția va fi de 35—40%. Explorări efectuate în Oceanul Pacific și Oceanul Indian au dus la identificarea, la mari adîncimi, a unor importante depozite de noduli conținînd mangan, nichel, cupru și cobalt, a căror exploatare a început la sfîrșitul anului 1974 (Deep Sea Venture). — *D.M.*

[2] Nava de foraj „Glomar Challenger" (Glomar = Global Marine, Societatea constructoare) are capacitatea maximă de foraj de 7000 m, incluzînd atît adîncimea apei cît și penetrația în roca de substrat a fundului oceanic.

Recordul de penetrație a fost obținut de „Glomar Challenger" în primăvara anului 1972, cînd a străbătut 1300 m prin sedimentele conului submarin al Indusului (Marea Arabiei), forînd în ape cu adîncimea de aproximativ 3500 m. — *D.J.*

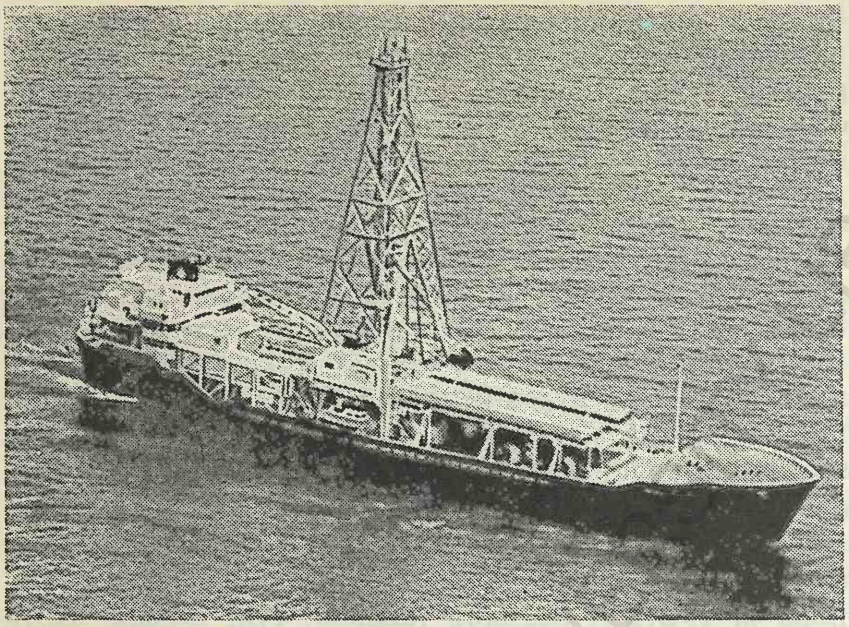


Fig. 9.1 „Glomar Challenger". Această navă are 400 ft lungime şi 65 ft lăţime. A fost construită de Compania Global Marine, Inc. „Glomar Challenger" este proiectat să foreze în apă cu adîncimea pînă la 20 000 ft şi să obţină probe de la 2500 ft sub fundul mării.

RESURSE CHIMICE

Resursele chimice ale mării sînt fantastic de mari. Există aproximativ 330 de milioane de mile cubice de apă marină, fiecare dintre aceste mile cubice conţinînd aproximativ 165 de milioane de tone de substanţe solide dizolvate. Aceasta înseamnă că oceanul conţine în total peste 500×10^{14} tone de substanţe solide dizolvate (sau mai mult de 100 000 000 000 000 000 000 livre). Alt mod de exprimare a acestei cantităţi este de a considera un element care există în apa mării numai în proporţie de o parte la un miliard de părţi de apă, astfel că apa mării va conţine peste 5 milioane de tone din acest element. La acest depozit — pe care îl constituie apa mării — rîurile ce se varsă în ocean adaugă în mod constant noi substanţe minerale.

S-ar putea crede că acest mare rezervor de substanţe solide dizolvate este exploatat, din punct de vedere „chimic", în mod foarte intens, dar, de fapt, numai cîţiva compuşi

sînt recuperați actualmente din ocean în cantități comerciale (tabelul 9.1). Recuperarea multora dintre elemente este foarte costisitoare și, în multe cazuri, ea constituie o investiție economică nerentabilă. S-ar putea ca în viitor această situație să se schimbe.

TABELUL 9.1 PRODUCȚIA MONDIALĂ A COMPUȘILOR RECUPERAȚI DIN APA DE MARE (după SHIGLEY, 1968)

Compuși	Tone/an	Producția oceanică din producția totală %
Clorură de sodiu	35 000 000	29
Brom	102 000	70
Magneziu	106 000	61
Compuși metalici	690 000	6
Apă potabilă	142 000 000	59

Sarea este compusă din două dintre cele mai comune elemente ale apei de mare, sodiul și clorul, iar recuperarea ei datează de peste 5000 de ani. Sarea poate fi extrasă prin evaporarea apei. După un anumit punct al procesului de evaporare începe să cristalizeze clorură de sodiu relativ pură. Pe această cale provin aproximativ 5% din producția Statelor Unite, restul fiind obținut prin exploatări subterane.

Bromul și magneziul sînt extrase în cantități mari de cîteva uzine de preparare situate în apropierea golfului Mexic. Valoarea anuală a acestor două produse este de aproximativ 90 milioane de dolari.

Apa potabilă reprezintă, probabil, cel mai important produs extras din mare. În multe părți ale lumii apa de mare desalinizată constituie principala sursă de apă. Există mai multe metode de desalinizare, printre care menționăm: înghețarea, distilarea, schimbul de ioni și osmoza. Distilarea pare să fie procedeul cel mai economic, deși costul se ridică la aproximativ 1 dolar pentru 1000 galloane, adică de zece ori costul apei potabile obținută din sursele obișnuite.

Astăzi există în lume mai mult de 200 de uzine de desalinizare, iar numărul lor crește rapid. De obicei, uzinele de desalinizare necesită cantități mari de energie, iar centralele care produc energie au nevoie de multă apă. Combinarea

uzinelor de desalinizare cu cele producătoare de energie ar putea constitui o metodă de reducere a costului apei potabile produse. La Huntington Beach, lîngă Los Angeles, s-a propus construirea unei astfel de uzine, care să utilizeze energie nucleară. Cînd va fi dată în exploatare, aceasta va fi cea mai mare uzină din lume, producînd 150 milioane de galloane de apă pe zi, la prețul de 20 cenți pentru 1000 galloane.

Prin perfecționarea proceselor tehnologice prețul de cost se va reduce, iar aprovizionarea cu apă potabilă din ocean va deveni o activitate din ce în ce mai importantă. Vor mai trece însă destul de mulți ani pînă cînd apa desalinizată va putea fi utilizată în mod curent pentru irigarea deșerturilor.

Este probabil că pe măsură ce se vor reduce resursele de pe uscat, omul își va concentra interesul asupra oceanului pentru procurarea materialelor de importanță esențială. Dacă ar exista tehnologii adecvate, cea mai mare parte a necesităților de astfel de resurse ar putea fi satisfăcută dintr-un volum relativ redus de apă de mare. De exemplu, 5 mile cubice de apă de mare conțin o cantitate de 20 de ori mai mare decît necesitățile anuale ale Statelor Unite de brom, clor, magneziu și stronțiu, precum și o cantitate aproximativ egală cu cele de bor și iod. În prezent, prețul de cost ridicat și lipsa mijloacelor tehnologice necesare sînt factori care se opun extragerii acestor compuși din apa mării.

Una dintre metodele de extragere a elementelor din apa mării este și cea prin intermediul viețuitoarelor marine. În multe dintre acestea se găsesc concentrate elemente rare din apa mării în proporție de peste 10 000 de ori mai mult decît concentrația elementelor respective în apă. Dacă li s-ar putea crea condiții organizate de dezvoltare, aceste animale ar putea reprezenta o sursă importantă pentru anumite elemente. Nu putem să nu ne punem întrebarea dacă există și animale marine cărora să le placă aurul.

Un domeniu nou care suscită interesul este farmacologia marină, știința cercetării substanțelor din organismele marine care ar putea fi utilizate ca medicamente pentru combaterea bolilor. În mod paradoxal, multe dintre aceste medicamente salvatoare sînt substanțe utilizate de animalele marine ca otrăvuri. Din otrăvurile secretate de diferite

specii de pești au fost preparate medicamente care influențează ritmul cardiac, reduc timpul de coagulare a sîngelui și scad presiunea sangvină.

Animalele marine pot fi considerate importante și pentru studiul cancerului. Se pare că o serie de organisme marine nu sînt afectate de virusul cancerului; animale ca pectenii și stridiile posedă în corpul lor substanțe chimice care previn și distrug tumorile, dar cercetătorii încă nu au reușit să le izoleze.

Farmacologia marină oferă perspective promițătoare. Deși exploatarea potențialului medical al mării se află la început, guvernul Statelor Unite își propune să înființeze în viitorul apropiat un Institut național de medicină și farmacologie marină.

RESURSE BIOLOGICE

Resursele biologice ale mării reprezintă unul dintre cele mai importante aspecte ale oceanografiei. Tot mai numeroși sînt cei ce cred că oceanul trebuie folosit pentru rezolvarea problemelor alimentare ale omenirii, care vor deveni atît de critice, încît vor putea fi rezolvate numai printr-un efort comun, maxim și de lungă durată. Ar fi foarte naiv să credem însă că oceanul va oferi o soluție facilă.

În prezent, 1,5 miliarde de oameni, jumătate din populația globului, suferă din cauza lipsei de proteine. Această problemă a devenit gravă în unele țări subdezvoltate. Se consideră că un supliment zilnic de 10 pînă la 20 g de proteine animale este suficient pentru a preveni această carență, ceea ce echivalează cu 8 pînă la 16 livre pe an. Prin urmare, proteina, care există în mari cantități în ocean, a devenit vital necesară. După cum am arătat în capitolul 6, planctonul reprezintă cel mai mare grup de organisme marine, dintre care, cele mai multe au dimensiuni microscopice. Prin urmare, pentru obținerea unei cantități mari de plancton trebuie filtrate cantități imense de apă (circa un milion de livre de apă de mare pentru obținerea unei livre de plancton). Există și alte motive, de exemplu gustul, care fac ca planctonul să nu reprezinte o sursă corespunzătoare de proteine. În acest scop, este necesar să ne îndreptăm atenția asupra unor animale mai evoluate, cum sînt peștii.

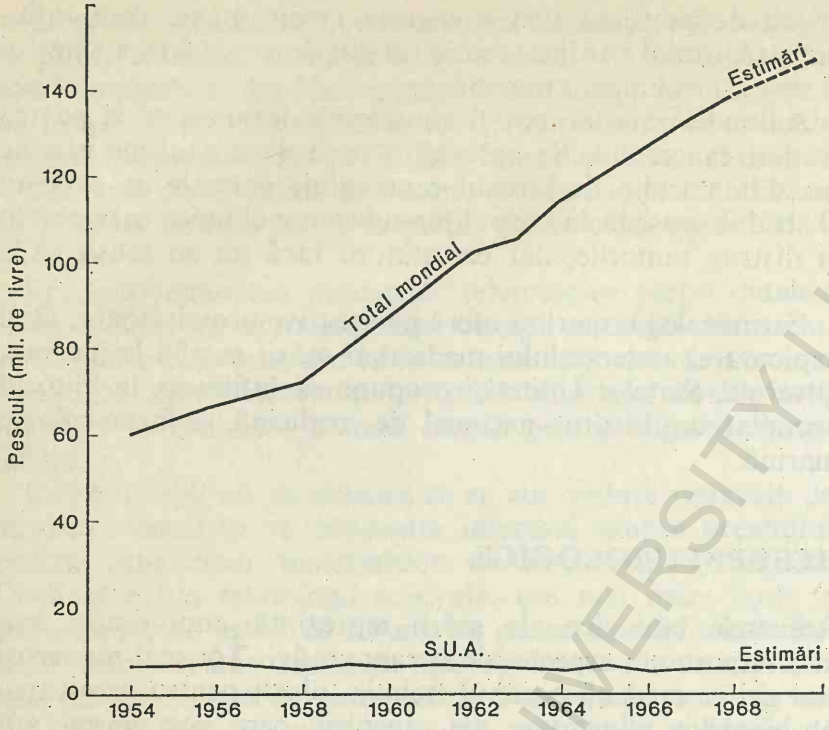


Fig. 9.2 Pescuitul în lume și în Statele Unite.

Cantitatea de pește pescuită în lumea întreagă crește în mod constant, înregistrînd peste 100 de miliarde de livre (fig. 9.2). Statele Unite, care cîndva se aflau pe locul doi în pescuitul mondial, ocupă în prezent locul al șaselea după Peru, Japonia, Republica Populară Chineză, Uniunea Sovietică și Norvegia. Aceste șase țări pescuiesc mai mult de 50% din cantitatea totală de pește adusă la uscat [3].

De ce a rămas industria de pescuit a Statelor Unite în urma altor state care acordă importanță acestei activități

[3] România a început să pescuiască în alte mări și oceane destul de recent, în 1963, cînd primele traulere-uzină românești, „Constanța" și „Galați", au părăsit șantierele navale japoneze. În prezent, peste 15 traulere mari întreprind campanii de pescuit în Oceanul Atlantic de nord, tropical de est și de sud. Paralel cu această acțiune de exploatare a unor rezerve de pești, se efectuează, începînd din 1967, cercetări oceanografice și ihtiologice în zonele unde pescuitul nostru oceanic este practic permanent. Din anul 1967, România este membră a Comisiei internaționale pentru pescuitul în Oceanul Atlantic de nord-vest (I.C.N.A.F.) alături de numeroase țări ca: Anglia, Canada, Danemarca, Franța, Norvegia, S.UA., U.R.S.S. ș.a. — *T.N.*

BCU CLUJ CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

economice? Desigur, aceasta se datorează, în parte, lipsei de asistență financiară acordată pescarilor americani, Statele Unite părînd să se mulțumească cu importul de pește necesar pentru alimentație.

Există și alte motive, de ordin juridic și vamal, care au restrîns pescuitul în S.U.A. Multe nave de pescuit americane (care, prin lege, trebuie construite în Statele Unite) sînt inferioare celor din alte țări. Restricțiile de pescuit, deși impuse de obicei cu intenții bune, pot fi uneori foarte neplăcute și lipsite de eficacitate. Unele restricții sînt necesare pentru a preveni pescuitul prea intens și dispariția unor anumite specii de pești. În numeroase cazuri, aceste legiferări ar trebui să se extindă și în alte țări, deoarece multe zone de pescuit se află în apele internaționale, iar peștele migrează dintr-o regiune într-alta [4].

Încă nu se știe precis dacă imensa cantitate de pește prins este suficientă pentru hrana populației lumii. Asupra acestei probleme există păreri diferite, iar unele aspecte sînt demne de a fi luate în considerație. Astfel, în prezent, nu toată cantitatea pescuită este utilizată pentru consumul populației, o parte însemnată fiind folosită pentru hrana șeptelului (în S.U.A. aproximativ 40% din peștele prins este utilizat în acest scop); peștele este un produs care nu poate fi depozitat fără condiții adecvate de refrigerare; obiceiurile și credințele multor țări constituie diverse bariere sociologice în calea consumării peștelui: consumatorii de pește din numeroase țări mănîncă numai cîteva specii, evitînd multe altele care se găsesc din abundență (numite uneori „pești buni de aruncat").

De asemenea, există unele neconcordanțe în privința potențialului biologic al oceanului. Unii specialiști consideră că omul prinde 50—75% din ceea ce poate produce oceanul. Alții, mai puțin conservatori, sînt de părere că se prinde numai un procentaj mic din producția potențială. Această din urmă opinie este, probabil, mai aproape de adevăr. Considerînd valoarea medie a producției de carbon de

[4] Pentru protejarea rezervelor animale, vegetale și geologice de pe platforma continentală, unele țări și-au extins apele teritoriale pînă la 160—200 de mile marine în larg. Aceste ape sînt libere pentru navigația oricărei nave aparținînd unei alte țări, dar exploatarea rezervelor în interiorul limitelor acestor teritorii submarine sînt puse sub jurisdicția țării de care aparțin. Exemple de țări care și-au extins apele teritoriale sînt: Peru, Argentina, Ghana, Nigeria, Islanda ș.a. — *T.N.*

50 g C/m²/an pentru întregul ocean, rezultă că omul prinde mai puțin de 0,04% din producția anuală a oceanului. Este necesar să insistăm asupra faptului că aceste cifre se referă la producția fitoplanctonului, care reprezintă ultima treaptă a lanțului trofic (vezi fig. 6.41). Dar omul preferă să consume organisme ce ocupă poziții superioare în lanțul trofic, cum sînt carnivorele. Trebuie deci luată în considerare eficiența transformării carbonului în materie vie, corespunzătoare diverselor nivele ale lanțului trofic. Se presupune că transformarea, care este variabilă, este de aproximativ 10% din carbonul disponibil la fiecare nivel trofic. Astfel, un organism situat la două nivele trofice deasupra fitoplanctonului corespunde, aproximativ, recoltării a 1% din fitoplanctonul pe care l-a consumat acest organism în mod direct sau indirect. (La primul nivel trofic erbivorele convertesc în materie organică numai 10% din carbonul fitoplanctonului; în mod asemănător, numai 10% din această materie organică — sau 1% din populația originară de fitoplancton — vor fi convertite la nivelul următor).

Din cele de mai sus rezultă clar avantajele utilizării animalelor care ocupă poziții inferioare în lanțul trofic, cum sînt hamsiile. Hamsia reprezintă o parte importantă a peștelui prins de Peru, țara cu cel mai mare pescuit marin [5].

Există mai multe căi pe care se poate intensifica pescuitul oceanic. Una dintre ele este îmbunătățirea tehnologiei pescuitului. Metodele perfecționate de depistare a peștelui, cum ar fi utilizarea sonarului, au condus la creșterea capturilor. De asemenea, ar fi foarte utilă o mai bună cunoaștere a modului în care peștele reacționează față de mediul său.

Unii pescari preferă să se ocupe de creșterea organismelor marine decît să le prindă în ocean. Această preocupare, analoagă agriculturii, care este numită **acvacultură,** caută să creeze un mediu în care anumite specii de animale să se dezvolte rapid, urmînd ca ulterior să fie recoltate. În prezent, acvacultura se limitează doar la zonele din apropierea țărmului, ca golfuri și estuare, și se ocupă numai de creșterea unor animale ca: midii, stridii, alte scoici și creveți. Această metodă va putea fi extinsă curînd și la zonele din

[5] Ancioveta sau Hamsia (*Engraulis ringens*), care formează baza pescuitului din Peru, este folosită aproape integral la fabricarea făinii de pește. — *T.N.*

largul oceanului, precum și la o mai mare varietate de animale [6].

Cultivarea stridiilor rămîne, potențial, cea mai importantă. Larvele de stridii plutesc și sînt transportate de curenții oceanici pînă cînd întîlnesc un substrat dur, de care se fixează. Pescarii de stridii — sau mai bine zis cultivatorii de stridii — plasează cochilii pe fund, în medii adecvate pentru creșterea stridiilor. Aceste medii sînt reprezentate de unele golfuri, portițe și alte zone din apropierea țărmului. După ce se fixează pe cochilii sau pe alt substrat dur, larva veliconcă crește suficient de mare pentru a fi recoltată de „fermieri".

Altă metodă (nouă în Statele Unite, dar folosită de decenii în Japonia și Europa) este cea a suspendării cochiliilor pe sîrmă în toată coloana de apă. În acest fel, într-o anumită regiune se pot dezvolta mai multe stridii. Această metodă, un fel de cultivare tridimensională, prezintă și alte avantaje: îndepărtarea stridiilor de inamicii lor naturali, stelele de mare, precum și amplasarea lor acolo unde există mai multă hrană. Stridiile care trăiesc pe fund se pot hrăni numai cu planctonul ce se depune pe fund, pe cînd cele fixate pe cochilii suspendate dispun de o cantitate mult mai mare de plancton, care este transportat, în suspensie, de curenți.

În prezent, în Statele Unite acvacultura nu stă la baza unei industrii importante. Totuși, dacă încercăm să „cultivăm" marea cu aceeași intensitate cu care ne ocupăm de agricultură, ne putem aștepta la o rezervă imensă. Acvacultura prezintă avantajul că poate fi dezvoltată în zonele apropiate de țărm ale țărilor care au cea mai mare nevoie de proteine [7].

[6] Într-adevăr, cele mai indicate animale pentru creștere sînt mai degrabă crustaceele și scoicile decît peștii, deoarece — ca și legumele — ele rămîn pe același loc.

Parcurile franțuzești cu stridii constituie o rezervă de hrană apreciabilă și veche. O metodă relativ recentă constă în creșterea scoicilor pe frînghii sau baghete de fier; este un fel de cultură tridimensională ca aceea pe care o practică spaniolii în Ria de Vigo de pe țărmul Oceanului Atlantic. — *D.M.*

[7] După evaluările unui biolog american — John Ryther, de la Woods Hole —, o zonă întinsă, așa cum este strîmtoarea Long Island de lîngă New York (145 km lungime și 5—30 km lățime), ar putea produce, dacă ar fi utilizată ca loc de cultură pentru midii în sistemul tridimensional, o cantitate de carne de midii (deci fără cochilii) egală cu întreaga cantitate furnizată de pescuitul mondial. Secretul acvaculturii în zone de acest fel este că elementele nutritive — adică cele de origine biogenă — și hrana sînt aduse în timpul mareei înalte fără nici un fel de cheltuială. — *D.M.*

Un produs nou, numit concentrat de proteină de pește (CPP), permite o utilizare mai complexă a resurselor marine „recoltate". Este un produs sub formă de pulbere, fără miros și fără gust, ce poate fi preparat din aproape orice specie de pește și depozitat fără a fi nevoie de refrigerare. Concentratul ar putea fi adăugat în mîncare sau chiar în aluatul de pîine, și copt. Din acest concentrat se vor putea acoperi nevoile zilnice de hrană ale unui copil, la un cost de mai puțin de un penny pe zi. La prepararea acestui concentrat de proteină se pot utiliza și unele specii de pește, ca de pildă merlucciul, pe care, în mod normal, oamenii nu l-ar consuma. De fapt însă, interdicția acestora ca hrană era impusă în trecut din cauza unor credințe, obiceiuri și prejudecăți.

Concentratul de proteină nefiind alterabil, sînt eliminate astfel, în cea mai mare parte, și problemele de transport și de depozitare [8]. Actualmente există în Statele Unite mai multe uzine-pilot care produc acest concentrat și folosirea lui ca hrană în țările subnutrite ar rezolva problema alimentației pe glob, pentru cel puțin cîțiva ani.

MEDIUL MARIN ȘI POLUAREA

Este evident că mediul marin ar trebui să fie considerat ca un domeniu complex pentru activitatea omului. Aceasta, numai dacă ținem seama de faptul că mai mult de 75% din populația Statelor Unite locuiește de-a lungul coastelor sale și în regiunea Marilor Lacuri. S-a estimat astfel că 30 de milioane de americani înoată în ocean, 11 milioane sînt pescari sportivi în apă sărată și alte cîteva milioane practică canotajul și sînt entuziaști ai bărcilor cu motor. Aceste activități, care în trecut erau sporadice, sînt amenințate azi de poluarea mereu crescîndă a apelor litorale americane. Se presupune că pînă în anul 2000 efectele poluării vor crește de șapte ori dacă nu se va interveni drastic asupra modului în care sînt administrate diversele produse reziduale.

[8] Altă sursă de producere a proteinelor o constituie crustaceele *Euphausia superba*, ce reprezintă hrana principală a balenelor din Antarctica, și care rămîn acum neutilizate prin dispariția balenelor din zonă, cîndva numărate cu sutele de mii. Sovieticii au studiat, în special, pescuitul experimental al acestor creveți „Krill" în mările Antarctice, reușind să prindă în mai puțin de o jumătate de oră, cu un traul pelagic lung de peste 1 km, aproape 6 tone. „Krill"-ul administrat porcilor și puilor de găină le-au conferit acestora indici superiori de creștere și calități excepționale pentru consum. — *D.M.*

Poluarea este un subiect care stîrnește mare interes, unele aspecte ale ei fiind prezentate în culori mai sumbre decît în realitate, iar altele fiind de-a dreptul înfricoșător de amenințătoare. Un exemplu, în această privință, este poluarea aerului. Gazele eliminate de automobile, de instalațiile industriale, avioane, de incineratoarele defecte și de alte surse de poluare provoacă daune, care numai în S.U.A. sînt apreciate la 10 pînă la 15 miliarde de dolari pe an, fără a se menționa efectul nociv asupra sănătății locuitorilor acestei țări și, privită pe plan mondial, a întregii omeniri.

Efectele poluării mediului marin sînt uneori foarte evidente; de exemplu, în Lacul Erie sînt deversate zilnic peste 10 miliarde de galloane de reziduuri, ceea ce face ca acest imens lac să piardă rapid o mare parte din viața sa acvatică, nemaiputînd fi utilizat pentru pescuit, înot și, bineînțeles, ca sursă de apă pentru băut. Alte forme ale poluării, ca de exemplu efectul pesticidelor, sînt mai puțin sesizabile, ele fiind observate numai de curînd.

Mediul marin este afectat de trei tipuri de poluare:

1) Substanțe care distrug în mod direct organismele din zona poluată.
2) Substanțe care alterează proprietățile fizice și chimice ale mediului, favorizînd în acest fel un anumit tip de organism.
3) Substanțe periculoase pentru fiziologia umană, dar care sînt relativ inofensive pentru formele de viață inferioare [9].

Exemple de poluare care distruge cantități mari de organisme sînt peliculele de petrol (și detergenții utilizați pentru eliminarea lor) și produsele reziduale ale industriei chimice [10].

[9] În fiecare an omul produce un număr însemnat de substanțe chimice noi, foarte stabile și deci persistente, care se acumulează în atmosferă și în apă, formînd alte substanțe al căror efect asupra vieții umane sau asupra ecosistemelor secundare este adesea necunoscut. De aceea, oceanul joacă un rol fundamental în păstrarea calităților esențiale ale globului, ca mediu de viață pentru om și pentru alte viețuitoare. —*D.M.*

[10] Nămolurile roșii, provocate de masivele deversări ale apelor reziduale din combinatele de aluminiu, au acoperit aproape toate zonele de coastă din Nordul Mediteranei.

Săruri de mercur, extrem de toxice pentru om și animalele marine, au fost depistate pe platformele continentale ale Mărilor Japoniei, ale Canadei și Țărilor Scandinave; ele provin din industria celulozei. Marea Baltică conține încă iperită din primul război mondial. — *D.M.*

Sondele marine pentru extragerea petrolului sînt periculoase din cauză că pot avea loc pierderi. În anul 1969, de exemplu, o astfel de sondă, situată în largul localității Santa Barbara din California, a pierdut în Oceanul Pacific peste 250 000 galloane de țiței pînă cînd a putut fi închisă. Ca urmare, un strat de țiței mîlos a acoperit suprafața oceanului pe mai mult de 800 mile pătrate. Petrolul a format pelicule pe organismele marine, multe dintre ele fiind ucise, mai ales păsările de tipul cormoranilor, care plonjează în apă pentru a pescui. De asemenea, au fost poluate plajele, pe multe mile de-a lungul coastei [11]. O catastrofă similară s-a produs cu cîțiva ani mai înainte, cînd „Torrey Canyon" a naufragiat în largul coastelor din sud-vestul Angliei. Această navă transporta peste un milion de galloane de petrol, care au fost pierdute în mare, avînd efecte similare celor de la Santa Barbara [12]. S-a apreciat că în acest caz 90% din pierderile animale au fost provocate de detergentul folosit pentru înlăturarea peliculei de petrol.

Altă sursă de poluare, serioasă dar mai puțin cunoscută, este reprezentată de navele care își deversează în mare apa de santină, introducînd, în acest mod, mari cantități de produse petrolifere în ocean [13] — cantități mult mai importante decît cele datorate unor catastrofe de tipul naufragiului lui „Torrey Canyon". Este un fapt obișnuit acum, ca odată cu colectările de plancton efectuate la mii de mile depărtare de uscat, să se evidențieze prezența unor mari particule de păcură.

Dispoziții de stat mai ferme ar putea contribui la prevenirea pierderilor de țiței din sondele marine. Guvernele

[11] În 1966 s-au vărsat în mări 12 milioane de tone de țiței, cantitatea aceasta putînd acoperi cu o peliculă fină, ucigătoare pentru plantele și animalele din planctonul oceanului, întreaga suprafață a Oceanului Atlantic și a Bazinului Arctic. — *D.M.*

[12] După naufragiul lui „Torrey Canyon", lumea întreagă se întreabă ce s-ar întîmpla în cazul avarierii unuia dintre giganticele petroliere de 300 000—500 000 tone de azi? — *D.M.*

[13] Diferite organisme (Organizația maritimă consultativă interguvernamentală a Națiunilor Unite etc.) au propus planuri concrete cu privire la limitarea pericolelor de poluare marină, prevăzînd interzicerea deversării oricăror reziduuri petroliere în apele internaționale, limitarea tonajelor navelor petroliere etc. Convenția internațională pentru prevenirea poluării de către nave cu hidrocarburi și alte substanțe nocive, semnată la Londra în 1973, declară zone închise o serie de zone maritime, printre care și M. Neagră, interzicînd deversarea acestora și depozitarea lor la mal. — *D.M.*

trebuie să confrunte potențialul economic al zonelor petrolifere submarine cu posibilitatea mereu prezentă a poluării cu țiței. Pe de o parte, se poate argumenta că nu există nici un mod absolut sigur de exploatare a petrolului din fundul oceanului, iar pe de alta, se afirmă că aceste catastrofe sînt evenimente izolate, provocate de particularități naturale. Prevenirea naufragiilor navelor petroliere constituie o problemă ce nu pare să poată avea o soluție sigură.

Recent au fost realizate mai multe produse capabile să contribuie la dispersarea sau descompunerea chimică a petrolului. Din păcate, în unele cazuri efectele tratamentului au fost mai dăunătoare chiar decît cele ale bolii.

Alterarea proprietăților fizice și chimice ale apei constituie o formă comună de poluare; din acest grup fac parte poluarea termală, deversarea scursorilor de canal și îngrășămintele drenate de pe uscat.

Poluarea termală reprezintă o problemă nouă. Numeroase industrii, dar mai ales uzinele energetice, utilizează mari cantități de apă pentru răcire. Apa încălzită este deversată într-un rîu sau estuar, devenind astfel periculoasă sau chiar fatală pentru viața animală și vegetală.

Evacuarea apelor fecaloid-menajere și îngrășămintele chimice constituie o sursă importantă de substanțe nutritive azotoase și fosfatice care pot determina o creștere imensă a algelor ce formează uneori un covor gros la suprafața oceanului. Pe lîngă aspectul neplăcut, această creștere poate altera mediul marin. După moartea lor, algele vor fi oxidate și dacă se află într-o cantitate suficient de mare, tot oxigenul va fi consumat, creîndu-se un mediu lipsit de oxigen, toxic celor mai multe forme de viață.

Dezvoltarea controlată a fitoplanctonului poate fi foarte utilă în unele cazuri. Datorită fenomenului de fotosinteză, fitoplanctonul poate fi util în lupta contra poluării. Astfel, plasarea anumitor specii de fitoplancton în zonele de evacuare a apelor de canal va reduce gradul de poluare, deoarece acesta produce, în mod indirect, oxigen, care ajută la oxidarea bacteriană a unor substanțe poluante și, în mod direct, elimină anumiți compuși ai azotului și fosforului.

Marea poate fi folosită pentru depozitarea imenselor cantități de gunoaie care se acumulează în marile orașe. Una dintre probleme constă în faptul că multe materiale solide nu se scufundă, iar o cale de înlăturare a acestei

dificultăți ar fi coborîrea acestor gunoaie la o adîncime suficientă pentru ca pungile de aer existente în materialul de depozitat să fie comprimate și înlocuite cu apă. Dar, există foarte puține cunoștințe cu privire la efectul în timp al acestui mod de evacuare a materialelor inutile.

Multă lume crede că oceanul nu poate fi poluat sau contaminat datorită dimensiunilor sale vaste. *Această opinie este falsă.* În ocean au fost deja detectate două produse ale activității umane: plumb provenit din combustibilul motoarelor cu combustie internă, precum și izotopi radioactivi de la exploziile bombelor nucleare. Marea nu poate servi drept rezervor nesfîrșit al reziduurilor noastre de diverse tipuri. Totuși, în anumite condiții, materialele scufundate în mare *pot* deveni folositoare. De exemplu, peștii tind să se concentreze în jurul obiectelor submerse, cum ar fi epavele unor nave și instalațiile de foraj. Unii au sugerat să se creeze recifi artificiali prin scufundarea automobilelor vechi, ceea ce ar putea deveni util industriei de pescuit, dar amplasarea unui asemenea recif artificial trebuie să fie foarte judicioasă, pentru a evita ca plaja din spatele lui să devină o zonă de acumulare a fragmentelor metalice rupte de valuri și furtuni.

Ultimul tip de poluare îl constituie cel cu substanțe primejdioase pentru om[14] dar inofensive pentru formele inferioare de viață, care poate fi considerat cel mai grav dintre toate tipurile de poluare. El include substanțele radioactive și pesticidele care, în anumite cazuri, pot fi concentrate de peștii și plantele din ocean.

D.D.T-ul (Diclorodifeniltricloretan) este probabil cel mai cunoscut dintre pesticide. Prin această substanță chimică s-a realizat eradicarea unor boli ca tifosul, malaria și encefalita. Se estimează că efectul D.D.T-ului asupra țînțarilor purtători ai parazitului care provoacă malaria *(Anopheles)* a salvat viața a milioane de persoane. El a jucat un rol important, de asemenea, la obținerea unor recolte bogate de bumbac prin combaterea unor paraziți ai acestuia. Ca urmare, producția de bumbac a Statelor Unite s-a dublat în ultimii 20 de ani. Efectele D.D.T-ului persistă mult timp după ce acesta își îndeplinește rolul de insecticid. Se esti-

[14] Stridiile din golful poluat al Tokyo-ului au asimilat atîta cadmiu în carnea lor încît au devenit un adevărat pericol pentru consumatori. De asemenea, insecticidele răspîndite la tropice au fost descoperite în carnea focilor din Arctica. — *D.M.*

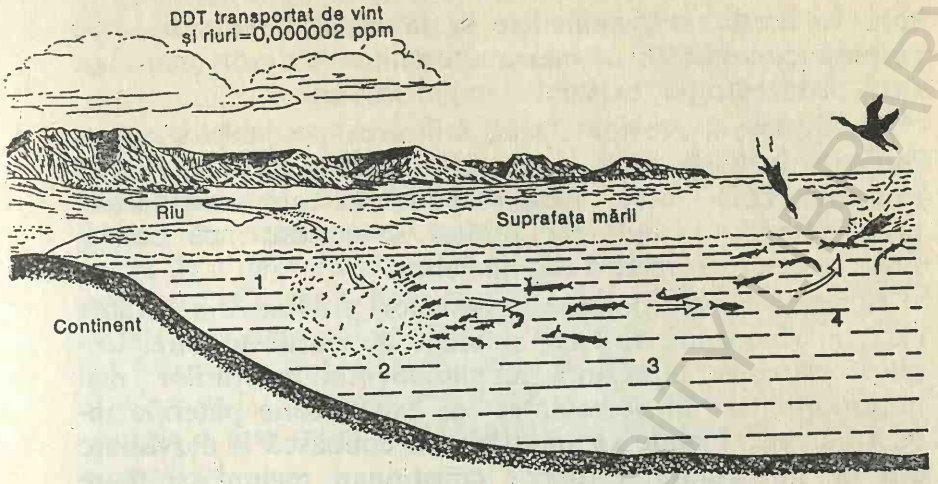


Fig. 9.3 Procesul amplificării biologice a concentrației D.D.T-ului. Concentrația D.D.T-ului crește la fiecare nivel trofic și este transmisă nivelului următor. Prin urmare, viețuitoare ca oamenii și păsările pot primi concentrații de milioane de ori mai mari decît concentrația inițială.

1. Absorbit de zooplancton = 0,04 ppm.
2. În pești care se hrănesc cu plancton = 0,5 ppm.
3. În pești care se hrănesc cu pești mai mici = 1,5 ppm.
4. În păsări care se hrănesc cu pești = 20 ppm.

mează că și în momentul de față două treimi din cele 1,5 milioane de tone de D.D.T. care au fost produse ar putea contamina în mod activ uscatul și oceanul. S-a descoperit că numeroși pești și multe animale conțin mari cantități de D.D.T., care ar putea fi primejdioase pentru oamenii sau animalele care consumă aceste viețuitoare. Unele grupuri de păsări, cum ar fi șoimii călători, sînt pe cale de dispariție datorită cantității mari de pesticid pe care au acumulat-o. Pesticidele afectează reproducerea păsărilor provocînd formarea unor ouă cu coajă subțire, care se sparge ușor, sau împiedicînd chiar depunerea ouălor. Modul în care animalele concentrează D.D.T-ul și alte pesticide (D.D.T-ul este cel mai bine cunoscut, dar nu neapărat și cel mai primejdios) nu este, în realitate, cunoscut. O sugestie despre acest mecanism o poate constitui procesul amplificării biologice (fig. 9.3). În acest proces D.D.T-ul, care este insolubil în apă, pătrunde în ocean în cantități relativ mici, care sînt apoi concentrate de zooplancton și transmise mai departe organismelor ce se hrănesc cu planc-

ton. În acest mod, animalele de la capătul lanțului trofic primesc concentrații de mai multe milioane de ori mai mari decît concentrația existentă inițial în apă.

Ca urmare a acestor efecte, utilizarea pesticidelor a fost interzisă în unele state, iar guvernul Statelor Unite a redus utilizarea D.D.T-ului. Despre modul în care reacționează pesticidele cu mediul înconjurător se cunosc încă puține, fiind necesare cercetări suplimentare.

În bună parte, poluarea oceanelor provine din estuare care, la rîndul lor, sînt contaminate de rîurile terestre. Deseori, estuarele reprezintă amplasamentul porturilor mai importante, iar în vecinătatea lor există zone puternic industrializate. Înainte ca industria să cunoască o dezvoltare atît de importantă, estuarele constituiau regiuni cu mare productivitate biologică. Poluarea apelor este tocmai prețul cerut de această crescîndă dezvoltare industrială. O echilibrare a gradului de poluare este deci esențială. Iată de ce una dintre cele mai importante probleme ale timpurilor noastre este cum poate fi controlată poluarea [15]. Fără îndoială că ritmul actual de poluare poate altera, în mod irevocabil, mediul și viața pe care le cunoaștem.

RESURSE FIZICE

Resursele fizice ale oceanului sînt poate mai puțin evidente decît alte feluri de resurse. Marea cantitate de energie de care dispune oceanul reprezintă una dintre acestea. Energia mareelor a suscitat interesul multor oameni de știință, care au emis diferite idei și elaborat numeroase planuri de folosire a forței generatoare a mareelor pentru acționarea turbinelor electrice sau a altor dispozitive.

[15] Una dintre experiențele cele mai interesante asupra efectelor pe termen lung ale poluării mărilor este C.E.P.E.X. (Controlled Ecosystem Pollution Experiment) inițiată de șapte instituții americane, canadiene și britanice, în 1973, în apele canalului Saanich din zona insulei Vancouver (Canada), care constă în scufundarea unor saci giganți cu apă de mare, în care se află plante, animale marine și materii poluante. Experiențele durează timp de șase ani și vor fi extinse și la alte regiuni ale globului în cadrul Deceniului internațional de cercetări oceanografice (vezi I. LEȚEA, *Geografia petrolului pe glob*, Ed. Științifică, București, 1974). — *N.R.*

Aplicarea multora dintre aceste idei a rămas însă în fază de proiect datorită imenselor sume de bani necesare pentru realizarea lor. Primul sistem energetic important din lume pentru utilizarea mareelor, construit în Franța pe rîul Rance, a costat aproximativ 100 milioane de dolari. Uniunea Sovietică a inițiat construirea unei uzine maree-motrice Marea Barents, la aproximativ 30 mile depărtare de Finlanda. De asemenea, Uniunea Sovietică și-a anunțat intenția de a dezvolta în viitor și alte uzine energetice mareice, mai mari. Cu mult timp în urmă au existat planuri pentru construirea unor uzine maree-motrice în apropiere de Canalul Mînecii și în Golful Passamaquoddy, situat între S.U.A. și Canada [16]. Dezvoltarea acestor noi surse potențiale de energie a fost întîrziată de multe ori din motive economice și politice.

De fapt, energia mareelor reprezintă numai o mică parte din energia care ar putea fi captată din mare [17]. Oricine locuiește în apropierea mării sau a văzut efectele unei furtuni puternice, cunoaște forța valurilor. În prezent nu a fost elaborată nici o metodă satisfăcătoare pentru utilizarea energiei valurilor. De asemenea, oceanul conține vaste cantități de energie termică, ce ar putea fi folosită pentru încălzirea unor mari regiuni ale globului — dar problema principală este cum se poate acționa. Răspunzînd la această întrebare trebuie să se ia în considerare faptul că devierea apei calde spre alte zone ar putea afecta, în bună măsură, delicatul echilibru natural al oceanului.

Între ocean și condițiile meteorologice există strînse legături (nu trebuie uitat că peste 70% din suprafața globului este acoperită de apă). Legătura reciprocă dintre condițiile atmosferice și ocean este evidentă în regiunile de coastă, dar aceasta se extinde și spre interiorul uscatului, care poate

16 Centrala maree-motrice de la Rance a fost dată în exploatare în 1966, dispunînd de 24 grupuri electrogene de 10 000 kW și o putere instalată de 240 000 kW/h. A doua centrală de acest gen funcționează la Kislaia Guba în Peninsula Kola (U.R.S.S.). Alte centrale au mai fost proiectate a fi construite în R.P. Chineză, Canada (Petitcodiac), Marea Britanie (estuarul Severn), Franța (Golful Mont Saint-Michel), Argentina (Golful San José). — *D.M.*

17 În apă există 1 atom de deuteriu la cîteva mii de atomi de hidrogen și unul de tritiu la 10 000—20 000 atomi de hidrogen; deuteriul, prin fuziune cu tritiul, ar da naștere heliului, reacția avînd drept consecință eliberarea unei energii uriașe; dacă s-ar folosi energia de fuziune dintr-un kg de hidrogen, s-ar putea ridica cu ea un munte de un miliard de tone la înălțimea de 65 m. — *D.M.*

fi bîntuit de furtuni generate de interacțiunea dintre ocean și condițiile atmosferice. Pentru a înțelege mai bine relația dintre ocean și vreme, meteorologilor le sînt necesare numeroase informații asupra condițiilor existente în ocean. Orice metodă care contribuie la creșterea capacității de prognoză meteorologică poate aduce omenirii beneficii imense. Pentru viitor se întrezărește posibilitatea unui control asupra condițiilor atmosferice.

Vastele dimensiuni ale oceanului sugerează că acesta ar putea constitui un spațiu favorabil vieții și activității omului. Programul „Sealab" al Marinei S.U.A. explorează această posibilitate. Pe fundul mării au fost plasate, la adîncimi relativ mici (de obicei sub 600 ft), locuințe subacvatice în care au locuit oameni diverse perioade de timp. Oamenii, numiți acvanauți, pot părăsi locuința, se deplasează și lucrează pe fundul mării.

Pentru om, cel mai mare pericol al vieții subacvatice îl reprezintă presiunea sau greutatea masei de apă acoperitoare. Această presiune crește cu o jumătate de livră pe un inch pătrat la o creștere a adîncimii oceanice de un picior. Presiunea crește cu o atmosferă la fiecare 10 m coborîți în ocean. Dacă un scufundător se ridică prea repede la suprafață, el poate muri ca urmare a gazelor (mai ales azot) care au fost împinse de presiune în țesuturile sale și pătrund în circulația sangvină pe măsură ce presiunea se reduce. Acest efect, denumit embolie gazoasă, poate fi evitat dacă scufundătorul se ridică treptat, permițînd gazelor să părăsească circulația sangvină fără a forma bule. Necesitatea decompresiunii prin ascensiune lentă limitează timpul total pe care un scufundător îl poate petrece sub apă în condiții de siguranță. Totuși, după o anumită perioadă de timp petrecută sub apă, țesuturile se saturează cu gaze, iar scufundătorul poate să rămînă mai mult timp la adîncimea necesară lucrului sau cercetării, fără ca timpul necesar pentru decompresiune să se mărească. Datorită acestui principiu, unii scufundători au putut sta mai mult de trei săptămîni la adîncimea de 330 ft. După perfecționarea tehnicii de scufundare, omul poate să efectueze operațiuni subacvatice ca exploatarea minieră, recuperarea epavelor și chiar pescuitul, ceea ce poate aduce beneficii mai multor industrii marine.

RESURSE GEOLOGICE

În general se consideră că resursele geologice ale fundului mării au o valoare imensă, dar în realitate aceste presupuneri sînt departe de a avea baze reale. În oceane există mari cantități de minerale, atît dizolvate în apa mării (vezi subcapitolul de resurse chimice) cît și pe fundul mării, dar de multe ori costul recuperării lor depășește cu mult valoarea mineralelor.

Mineralele de pe fundul mării pot fi împărțite în trei grupe: depozite detritice, depozite autigene și depozite organogene. Depozitele detritice reprezintă rezultatul eroziunii rocilor preexistente, materialul rezultat fiind transportat în ocean de rîuri sau prin intermediul altui mecanism. Ajuns în ocean, detritusul este transportat de valuri și curenți și apoi depus pe fundul mării. Cea mai abundentă resursă de material detritic constă din nisip și pietriș (acest grup include și fragmente de cochilii) folosite mai ales ca materiale de construcții și pentru înlocuirea sedimentului pierdut de pe plajă. Aceste depozite recuperate din mare au valoare considerabil mai mică decît cele obținute de pe uscat (tabelul 9.2). De obicei, exploatarea nisipului și pietrișului de pe uscat este mai simplă și mai puțin costisitoare. În unele cazuri însă, de exemplu atunci cînd costul transportului este ridicat, depozitele submarine pot să devină mai rentabile din punct de vedere economic.

Concentrațiile de minerale grele constituie alt tip de depozit detritic, constînd din minerale cu densitate mai mare de 2,9 g/cm^3, limita superioară a densității celor mai obișnuiți componenți ai nisipurilor. În cele mai multe zone nisipoase, mineralele grele reprezintă doar un procent mic în sediment. În alte zone, unde acționează curenți puternici, constituenții mai ușori ai nisipului sînt duși departe de aceștia, rămînînd un reziduu sau o concentrare de minerale grele. Unele minerale grele pot fi găsite în preajma uscatului, aproape de sursa lor inițială; altele se găsesc în alcătuirea unor vechi plaje, acum submerse. Valoarea acestor minerale grele detritice este relativ scăzută în comparație cu materialele similare de pe uscat, care pot fi obținute cu mai mare ușurință.

Mineralele autigene sînt cele care se găsesc pe fundul mării în urma precipitării chimice din apa de mare. Nodulii de mangan și fosforitul sînt două dintre cele mai frecvente depozite autigene (vezi fig.5.2 și 5.3) care acoperă o suprafață vastă a fundului mării, dar grosimea lor este redusă. În general, ele apar în zonele caracterizate printr-un ritm de sedimentare mic. Cea mai mare parte a fosforitului exploatat este utilizată ca îngrășămînt. Compoziția chimică a nodulilor de mangan este variabilă (vezi tabelul 8.6). După unele opinii, nodulii sînt importanți mai ales pentru conținutul lor în nichel, cobalt și cupru, constituenți minori ai acestor depozite. Părerile asupra valorii și potențialului economic al nodulilor de mangan sînt controversate, unele dificultăți părînd să indice că recuperarea lor în mari cantități de pe fundul mării nu va începe curînd. Prima dificultate este elaborarea unei metode pentru colectarea nodulilor de pe fundul mării. Există, de asemenea, greutăți în prepararea nodulilor pentru transformarea lor în minereu utilizabil.

Depozitele organogene rezultă în urma morții organismelor vii și a acumulării lor ulterioare pe fundul mării. Cu timpul, aceste depozite sînt acoperite de alte sedimente și, după opinia multor cercetători, pot fi transformate în depozite de petrol și gaze, care constituie cele mai valoroase produse ce pot fi recuperate din ocean. Ca exemplu al amplorii operațiilor pentru exploatarea petrolului este faptul că din concesiunile zonelor submarine (fără a include procentajele care se plătesc la descoperirea petrolului) au fost obținute peste 500 milioane de dolari în 1967 pentru o regiune din largul Louisianei și cîte 600 milioane de dolari în 1967 pentru o regiune din largul Californiei și una din largul Texasului. De curînd, ofertele pentru dreptul de a efectua lucrări pentru exploatarea petrolului în largul coastelor Louisianei s-au ridicat la 27 000 de dolari per acru. Adîncimea apei depășește 3400 ft. În anul 1969, concesiunile pentru unele regiuni din largul Alaskăi au adus statului 900 milioane de dolari, o sumă de cîteva ori mai mare decît bugetul său anual.

În anul 1968, geologul L. G. Weeks a apreciat că în următorii douăzeci de ani consumul mondial de petrol se va tripla. În prezent, rezervele submarine de petrol sînt de aproximativ 85 miliarde de barili, adică în jur de 20% din stocul

TABELUL 9.2 VALOAREA (în mii dolari) A RESURSELOR GEOLOGICE RECUPERATE DIN OCEAN ŞI DE PE USCAT
(Date pentru anul 1964, după FYE şi alţii, 1968)

	Statele Unite		Întreaga lume	
	Ocean	Uscat	Ocean	Uscat
Minerale detritice				
Nisip şi pietriş	35 000	860 000	100 000	2 000 000?
Minerale grele				
Titan	9 000	11 000	33 000	37 000
Zircon	1 000	0	11 000	0
Diamante	0	0	4 000	284 000
Cositor	0	0	5 000	460 000
Monazit	0?	0?	1 500	300
Fier	0	800 000	700	5 300 000
Aur	0	50 000	0	1 310 000
Depozite autigene				
Fosforit	0	160 000	0	375 000
Mangan	0	3 000	0	423 000
Depozite organogene				
Petrol şi gaze	800 000	10 500 000	3 600 000	27 500 000
Sulf	15 000	100 000	15 000	240 000

mondial. În următorii zece ani producţia submarină va atinge 23 milioane de barili pe zi, adică 33% din cele 70 milioane barili pe zi estimate pentru tot globul [18].

În partea submersă a coastei atlantice a Statelor Unite nici o sondă săpată nu s-a dovedit a fi productivă, dar mai multe companii petrolifere au încheiat explorarea prelimi-

[18] Întrucît autorul se referă numai la rezervele submarine de petrol din S.U.A., considerăm necesar să punem la dispoziţia cititorului cîteva date referitoare la aceste rezerve de pe glob. Rezervele sigure de zăcăminte submarine sînt evaluate la 18 miliarde tone, cele mai multe aflîndu-se în bazinul mijlociu al Atlanticului (10,5 miliarde), bazinul nordic al Atlanticului, inclusiv Marea Nordului (4 miliarde tone) şi în nordul Canadei şi peninsulei Alaska (2,3 miliarde tone).

Se preconizează însă că rezervele potenţiale ar fi de ordinul a 100 miliarde tone. Principalele zone maritime în care se concentrează, în prezent, rezervele submarine şi exploatările lor sînt: Golful Persic, Marea Caspică, Lacul Maracaibo, Golful Mexic, Marea Mediterană, Marea Roşie, Marea Nordului, Golful Guineea, zona maritimă din strîmtoarea Bass (Australia), zona litorală a Mării Negre (vezi I. LEŢEA, *Geografia petrolului pe glob*, Ed. Ştiinţifică, 1974). — *N.R.*

BCU IAŞI CENTRUL UNIVERSITAR LIBRARY

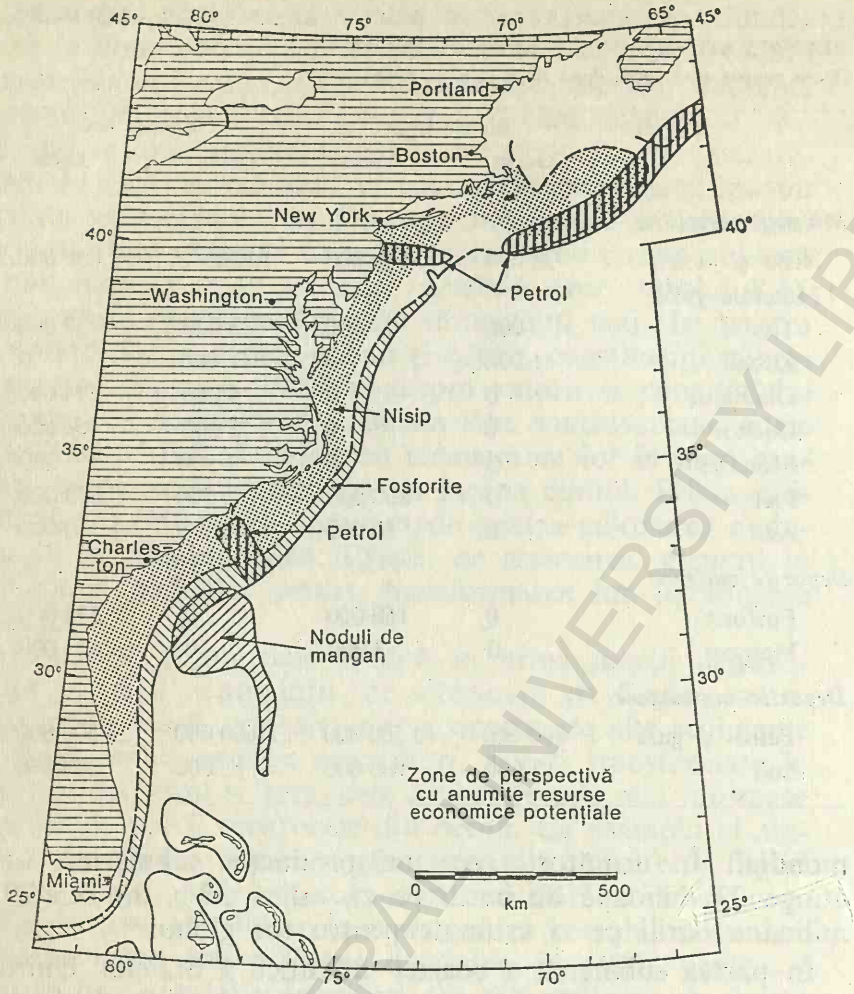


Fig. 9.4 Distribuția zonelor celor mai favorabile prezenței unor depozite minerale din largul coastei atlantice a Statelor Unite (După Emery, 1966).

nară în această zonă. După cît se pare, opinia generală este că zona Georges Bank are perspective excelente pentru exploatarea petrolului (fig. 9.4).

Una dintre descoperirile importante ale Proiectului de foraje marine adînci a fost realizată cu ocazia săpării celei de-a doua sonde [19]. Locul forajului se află în Golful Mexic,

[19] În 1973 existau pe glob 168 platforme fixe de foraj, 113 platforme autoelevatoare, 34 platforme semisubmersibile și 50 de nave speciale de foraj (vezi I. LEȚEA, *op. cit.*). — *N.R.*

BCU CLUJ CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

pe ceea ce se numește acum Challenger Knoll (un *knoll* este o formă pozitivă de relief, adesea aproape conică, ce se înalță izolată deasupra reliefului înconjurător, respectiv de pe fundul mării). Nava de foraj „Glomar Challenger" (vezi fig. 9.1) a început să foreze dealul submarin situat la 11 753 ft sub navă, fiind astfel obținute probe din materialul forat de la diferite adîncimi. O probă colectată de la 450 ft sub suprafața fundului a oferit o mare surpriză, conținînd indicații precise privind prezența petrolului și gazelor. De fapt, acest *knoll* exprimă prezența pe fundul mării a unei structuri geologice îngropate, cunoscută ca dom de sare, iar domurile de sare sînt deseori asociate cu depozite de petrol. Descoperirea unui asemenea dom la o adîncime atît de mare a fost de-a dreptul surprinzătoare. De obicei, acestea apar la adîncimi mult mai mici, pe, sau aproape de platforma continentală. Rezultatele acestui foraj sugerează că procesul de formare a petrolului poate avea loc și în zone marine adînci, regiune despre care se credea pînă acum că nu dispune de un potențial semnificativ pentru acumulări de petrol.

ALTE UTILIZĂRI ALE OCEANULUI PLANETAR

Oceanul planetar este util încă în multe alte privințe. Transportul maritim cunoaște un trafic intens pe cuprinsul mărilor și oceanelor, iar pe măsura adoptării celei mai moderne tehnologii, utilitatea și eficiența lui crește. Manipularea încărcăturilor devine din ce în ce mai mecanizată, proiectarea navelor este mai eficientă, cresc dimensiunile cargourilor. Ca urmare, timpul de manipulare a încărcăturii, care influențează în mare măsură costul transportului, poate fi redus prin utilizarea unor containere mari, ce pot fi ușor încărcate și descărcate de pe navă. În unele regiunii, transportul se efectuează cu nave cu aripi portante[20], care sînt capabile să atingă viteze pînă la 60 de noduri. Pentru deplasări mai scurte pot fi utilizate și vehicule cu pernă de aer.

De asemenea, oceanul planetar este folosit și pentru telecomunicații, cabluri telefonice subacvatice, legînd cele mai

[20] Navă care sub acțiunea sistemului propulsor și la o anumită viteză se ridică deasupra apei sprijinindu-se numai pe niște aripi care au profil hidrodinamic special și care se află, parțial sau total, în imersiune. — *D.M.*

importante orașe ale lumii. Pentru viitor, se întrevăd comunicări subacvatice directe prin utilizarea laserului.

Oceanul planetar ridică probleme tehnice foarte interesante. Una dintre acestea, coroziunea, afectează orice obiect plasat în apa marină. Datorită conținutului său în săruri dizolvate, apa marină este bună conducătoare de electricitate și ca urmare, cînd un obiect metalic este introdus în apă, curentul electric este generat asemenea unei baterii de automobil, producînd deplasarea particulelor din metal și dizolvîndu-l în mod lent.

Altă problemă, de tehnică inginerească, privește construirea submersibilelor folosindu-se materiale ieftine, ușoare și rezistente față de presiunea apei din adîncul oceanelor. Pentru construirea unor submarine au fost utilizate oțeluri foarte rezistente, care însă ridicau probleme de asamblare și coroziune. Aliajele cu titan sînt rezistente și nu sînt supuse coroziunii. Alte materiale care prezintă aceleași caracteristici sînt aluminiul și sticla. Sticla îndeosebi are aspect frumos, nu este afectată de coroziune, iar rezistența sa crește odată cu creșterea presiunii.

Un aspect al oceanografiei care a dobîndit o tot mai mare importanță în ultimii ani este dreptul mării[21]. Exploatarea fundului mării și pescuitul marin implică stabilirea dreptului de proprietate asupra acestor resurse. Este o problemă deosebit de dificilă în privința pescuitului, întrucît peștii nu pot fi îngrădiți ca animalele terestre, deoarece migrează dintr-o regiune într-alta.

Multe dintre aspectele dreptului mării privesc stabilirea spațiilor maritime aflate sub jurisdicție națională. Marea teritorială este reprezentată de apele din apropierea țărmului în cuprinsul cărora statul riveran are exclusivitate juridică. În privința limitei pînă la care se întind apele teritoriale ale statelor riverane există diverse jurisdicții în funcție de interesele fiecărui stat.

Stabilirea acestor limite urmărește protejarea resurselor piscicole și minerale ale statelor riverane în sensul unei exploatări raționale a acestor resurse.

[21] A treia Conferință O.N.U. asupra dreptului mării, întrunită la Caracas între 20 iunie-29 august 1974, a avut drept scop perfecționarea normelor de drept internațional în sensul de a pune bazele unei noi ordini juridice în utilizarea mărilor și oceanelor, care să corespundă exigențelor lumii contemporane. — *N.R.*

O problemă tot atît de importantă a dreptului mării este stabilirea dreptului de proprietate asupra depozitelor minerale de pe platforma continentală, care reprezintă zona în cuprinsul căreia se va produce cea mai mare parte a viitoarelor lucrări de exploatare a oceanului. Organizația Națiunilor Unite a atribuit statelor riverane, prin Convenția din 1958, dreptul de a exploata resursele minerale pînă la adîncimea la care se poate exploata fundul mării. Înainte de această dată se stipula dreptul asupra resurselor de pe platforma continentală pînă la adîncimea de 200 m. Extinderea acordată a creat unele confuzii asupra limitei la care se termină platforma continentală și începe panta continentală. Un stat ar putea să revendice zone de la adîncimi mult mai mari de 200 m, dacă a început exploatarea acestora.

În Statele Unite, de la limita de 3 mile pînă la marginea externă a platformei continentale fundul mării aparține guvernului federal, limite stabilite conform stipulării din Convenția O.N.U. menționată mai sus (adică pînă la o adîncime exploatabilă), fără a ține seama de definiția geologică a platformei continentale. Astfel, au fost acordate concesiuni pentru zone cu adîncime mult mai mare de 200 m.

Datorită clauzei care stabilește în mod arbitrar limita platformei continentale, încercările de exploatare a resurselor reliefului submarin au fost puternic limitate. Proiectele de exploatare a fundului mării pot implica ușor investiții de zeci de milioane de dolari și ca urmare, orice companie ar ezita să cheltuiască o asemenea sumă pînă la stabilirea fermă a dreptului de proprietate asupra zonei respective. Un exemplu de probleme care apar la evaluarea și recuperarea depozitelor de pe fundul mării îl constituie descoperirea unui zăcămînt mineral foarte bogat, în Marea Roșie, de către Institutul Oceanografic din Woods Hole. Aceste depozite conțin zinc, cupru, plumb, argint și aur, fiind evaluate cu strictețe la mai mult de două miliarde de dolari. Una dintre dificultățile de recuperare a acestui zăcămînt este reprezentată de adîncimea depozitului — 2000 m, iar alta o constituie dreptul de proprietate. Zăcămîntul este situat aproape la jumătatea distanței dintre Sudan și Arabia Saudită, în partea centrală a Mării Roșii, care este o mare liberă și deschisă.

Conform acestei Convenții a Națiunilor Unite depozitul mineral poate fi revendicat atît de Sudan cît și de Arabia Saudită[22].

VIITORUL OCEANOGRAFIEI

Perspectivele de dezvoltare a oceanografiei sînt promițătoare. Într-un recent raport al Comisiei pentru cercetarea, tehnologia și resursele mării sînt recunoscute marile posibilități de exploatare a oceanului, recomandîndu-se în acest sens majorarea bugetului oceanografic al Statelor Unite. Raportul sugerează înființarea unui nou Centru guvernamental, Centrul național de cercetare oceanică și atmosferică, cu scopul de a coordona și dirija efortul guvernului în domeniul oceanografiei[23]. Raportul cere o creștere a cheltuielilor federale pentru următorii zece ani, totalizînd 8 miliarde de dolari (această creștere adăugîndu-se la bugetul anual actual de aproximativ 500 milioane de dolari). Ca urmare, va fi necesar un număr mai mare de oceanografi și tehnicieni, nu numai pentru cercetare, ci și pentru industrie și universități. În figura 9.5 este ilustrată structura bugetului pentru cercetare și tehnologie marină (estimat la 528 milioane de dolari) pentru anul bugetar 1970.

Un raport relativ recent[24] al Consiliului național pentru resursele marine și dezvoltare tehnologică, prezidat de vice-

[22] La elaborarea noului drept al mării (Caracas, 1974) au fost expuse concepte și idei noi de ordin economic și politic în sensul: instituirii de zone economice dincolo de apele teritoriale, pînă la o distanță de 200 mile de la țărm, în care statele riverane să exercite drepturi suverane asupra resurselor minerale și piscicole, asupra protecției mediului marin și cercetării științifice; unui regim și mecanism corespunzător pentru zona internațională (situată dincolo de spațiile maritime aflate sub jurisdicția națională), care să dea expresie concretă naturii acestei zone de „patrimoniu comun al omenirii"; unei orientări a cercetării științifice și reglementări a transferului de tehnologie, astfel încît acestea să corespundă intereselor întregii comunități internaționale, și în primul rînd ale țărilor în curs de dezvoltare (vezi „Contemporanul", 4.X.1974). — *D.M.*

[23] În iulie 1970, Președintele S.U.A. a recomandat încorporarea acestui Centru în Departamentul Comerțului. — *N.A.*

[24] „Probleme ale cercetării marine — un an de participare lărgită". Al treilea raport al președintelui Congresului asupra resurselor marine și dezvoltării tehnologice, ianuarie, 1969. — *N.A.*

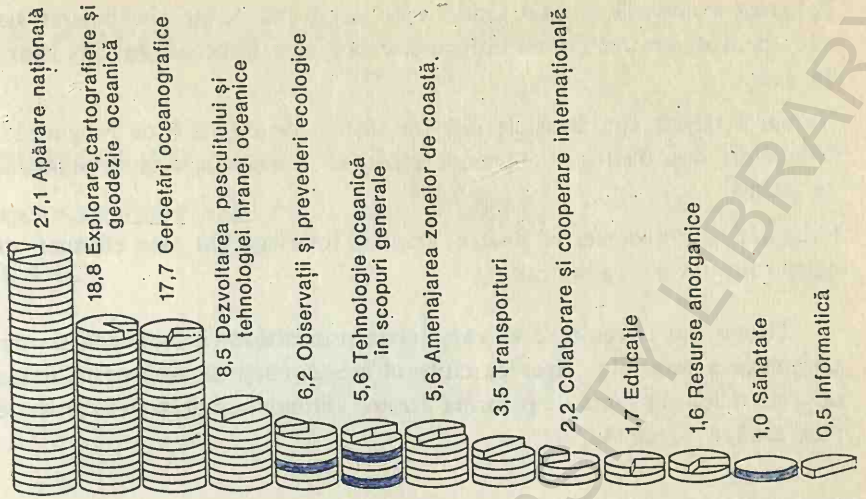


Fig. 9.5 Distribuția procentuală a bugetului destinat cercetărilor și tehnologiei marine în anul fiscal 1970.

președintele S.U.A., a enumerat unele dintre țelurile și problemele participării Statelor Unite la cercetarea oceanului:

Explorarea sistematică a afectat mai puțin de 10% din platforma continentală, dar noi sîntem convinși că în unele zone ale platformei există abundente resurse petroliere și minerale.

Lipsa proteinelor afectează milioane de oameni din unele țări în curs de dezvoltare, care trăiesc totuși în apropierea unor surse de pescuit abundente capabile să asigure cantitatea necesară de proteină.

Resursele piscicole din apele noastre teritoriale nu au fost exploatate în suficientă măsură, producția de pește nereprezentînd nici o treime din consumul total al țării.

20 de milioane de copii care locuiesc în metropole aflate în zona unor ape cu potențial recreativ, deseori nu pot profita de acestea.

Numai 3% din țărmul oceanic și al Marilor Lacuri au fost afectate uzului public sau pentru rezervațiile submarine, în ciuda cererilor crescînde pentru asemenea zone.

Gradul de poluare a oceanelor și estuarelor va crește de mai multe ori pînă în anul 2000, dacă nu se vor lua măsuri hotărîte pentru manipularea mai rațională a reziduurilor; în acest timp, peste 50 de milioane de americani participă la activități ca înotul, pescuitul și canotajul, iar multe milioane sînt afectate direct de degradarea calității apelor noastre costiere.

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Poluarea avansează în mod gradat spre largul mării, iar preocuparea statelor pentru menținerea calității apelor oceanice urmează un curs destul de lent.

Numai o treime din coastele noastre dispun de mijloace de prognoză a furtunilor, deși distrugerile produc cheltuieli anuale de zeci de milioane de dolari.

Numai 6% din comerțul nostru maritim internațional este efectuat de nave sub pavilion american.

Următorul Deceniu se va caracteriza prin utilizarea crescîndă și mai complexă a oceanului. Sper ca cititorul acestei cărți să aibă posibilitatea de a participa și profita de pe urma acestor viitoare activități de exploatare mai utilă a oceanului.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Anexe

BIBLIOGRAFIE

GLOSAR DE TERMENI OCEANOGRAFICI

INDICE

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BIBLIOGRAFIE

ABDEL-GAWAD, M.. „Geological Structures of the Red Sea Area Inferred from Satellite Pictures", în *Hot Brines and Recent Heavy Metal Deposits in the Red Sea*, editat de E. T. Degens și D. A. Ross, New York, Springer-Verlag, 1969.

ARNOLD, H. A.. „Manned Submersibles for Research", în *Science*, 158 (1967), pp. 84—95.

ARRHENIUS, G.. „Pelagic Sediments", în *The Sea*, vol. 3, editat de M. N. Hill, New York, Interscience, 1963.

ATKINS, W. R. G.. „The Phosphate Content of Sea Water in Relation to the Growth of the Algal Plankton", Partea a III-a, *Journal Marine Biological Association*, 14 (1926), pp. 447—467.

ATKINS, W. R. G.. „The Seasonal Variation in the Copper Content of Sea Water", *Journal Marine Biological Association*, 31 (1953), pp. 493—494.

BARTH, T. F. W.. *Theoretical Petrology*, New York-Wiley, 1952.

BERTEAUX, H. O. și FOFONOFF, N. P.. „Oceanographic Buoys Gather Data from Surface to Sea Floor", *Oceanology International* (iulie-august, 1967), pp. 39—42.

BIGELOW, H. B.. *Oceanography: Its Scope, Problems and Economic Importance*, Boston-Houghton Mifflin, 1931.

BOURNE, D. W. și HEEZEN, B. C.. „A Wandering Enteropneust from the Abyssal Pacific and the Distribution of «Spiral» Tracks on the Sea Floor", *Science*, 150 (1965), pp. 60—63.

BOWIN, C. O., BERNSTEIN, R., UNGAR, E. D. și MADIGAN, J. R.. „A Shipboard Oceanographic Data Processing an Control System", *Institute of Electrical and Electronic Engineers Transactions*, GE-5, nr. 2 (1967), pp. 41—50.

BROECKER, W. S.. „Radio Isotopes and Large Scale Oceanic Mixing", în *The Sea*, vol. 2, editat de M. N. Hill, New York, Interscience, 1963.

BROECKER, W. S., GERARD, R. D., EWING, M. și HEEZEN, B. C.. „Geochemistry and Physics of Ocean Circulation", în *Oceanography*, editat de Mary Sears, American Association Advancement of Science Publication, nr. 67, 1961.

BRUJEWICZ, S. W.. „Tihii Okean" (Oceanul Pacific), Moscow Publishing House, 1966.

CLARKE, G. L.. „Dynamics of Production in a Marine Area", *Ecological Monographs*, 16 (1946), pp. 323—335.

COX, R. A.. „The Physical Properties of Sea Water", în *Chemical Oceanography*, editat de J. P. Riley și G. Skirrow, New York, Academic Press, 1965.

COX, R. A. și SMITH, N. D.. „The Specific Heat of Sea Water", *Proceedings Royal Society London A.*, 252 (1959), pp. 51—62.

CRAIG, H.. „Isotopic Variations in Meteoric Waters", *Science* 133 (1961), pp. 1702—1703.

CURRAY, J. R.. „Late Quaternary Sea Level; a Discussion", *Bulletin Geological Society of America*, 72 (1961), pp. 1707—1712.

BCU IAȘI

CURRAY, J. R., „Late Quaternary History, Continental Shelves of the United States", în *The Quaternary of the United States*, editat de H. E. Wright, Jr. și D. G. Frey, Princeton, New Jersey, Princeton University Press, 1965.

DEUSER, W. G. și DEGENS, E. T., „$^{18}O/^{16}O$ and $^{13}C/^{12}C$ Ratios in Fossil Foraminifera and Pteropods from the Area of the Hot-Brine Deeps of the Central Red Sea", în *Hot Brines and Recent Heavy Metal Deposits in the Red Sea*, editat de E. T. Degens și D. A. Ross, New York, Springer-Verlag, 1969.

DIETRICH, G., General Oceanography, New York, Wiley, 1963.

DIETZ, R. S., „Continent and Ocean Basin Evolution by Spreading of the Sea Floor", *Nature* 190 (1961), pp. 854—857.

DILL, R. F., „Contemporary Submarine Erosion in Scripps Submarine Canyon", Unpublished Ph. D. Thesis, University of California, San Diego, 1964.

DU TOIT, A. L., *Our Wandering Continents and Hypothesis of Continental Drifting*, Edinburgh, Oliver and Boyd, 1937.

Effective Use of the Sea — Report of the Panel on Oceanography of the President's Science Advisory Committee, iunie, 1966.

EMERY, K. O., „Atlantic Continental Shelf and Slope of the United States, Geologic Background", *United States Geological Survey Professional Paper*, 529-A (1966), pp. 1—23.

EMERY, K. O., „Geological Methods for Locating Mineral Deposits on the Ocean Floor", *Transactions 2nd Marine Technological Society Conference*, iunie 27—29, 1966 (1966), pp. 24—43.

EMERY, K. O., „Estuaries and Lagoons in Relation to Continental Shelves", în *Estuaries*, editat de G. H. Lauff, American Association for the Advancement of Science Publication, Nr. 83, 1967.

EMERY, K. O., „The Atlantic Continental Margin of the United States During the Past 70 Million Years", *Geological Association of Canada*, Special Paper 4, Geology of the Atlantic Region (1967), pp. 53—70.

EMERY, K. O. și ROSS, D. A., „Topography and Sediments of a Small Area of the Continental Slope South of Martha's Vineyard", *Deep-Sea Research*, 15 (1968), pp. 415—422.

EMERY, K. O., WIGLEY, R. L., BARTLESS, A. S., RUBIN, M. și BARGHOORN, E. S., „Freshwater Peat on the Continental Shelf", *Science*, 158 (1967), pp. 1301—1307.

EMILIANI, C., „Pleistocene Temperatures", *Journal Geology*, 63 (1955), pp. 538—578.

EMILIANI, C., „Paleo-temperature Analysis of the Caribbean Cores A 254-BR-C and CP-28", *Bulletin Geological Society of America*, 175 (1964), pp. 129—144.

EPSTEIN, S. și MAYEDA, T., „Variation of ^{18}O Content of Waters from Natural Sources", *Geochemica et Cosmochemica Acta*, *4* (1953), pp. 213—224.

FAIRBRIDGE, R. W., „Trenches and Related Deep Sea Troughs", în *Encyclopedia of Oceanography*, editat de R. W. Fairbridge, New York, Reinhold, 1966.

FAIRBRIDGE, R. W., HEEZEN, B. C., ICHIYE, T. şi THARP, M., „Indian Ocean", în *Encyclopedia of Oceanography*, editat de R. W. Fairbridge, New York, Reinhold, 1966.

FAIRBRIDGE, R. W., REID, J. L., Jr., OLAUSSEN, E. şi PETERSON, M. N. A., „Pacific Ocean", în *Encyclopedia of Oceanography*, editat de R. W. Fairbridge, New York, Reinhold, 1966.

FISHER, R. L. şi HESS, H. H., „Trenches", în *The Sea*, vol. 3, editat de M. N. Hill, New York, Interscience, 1963.

FLEMING, R. H., „The Control of Diatom Population by Grazing", Conseil Perm. Internat. p. L'Explor. de la Mer, Journal du Conseil 14, Nr. 2 (1939), pp. 210—227.

FLEMING, R. H., „The Composition of Plankton and Units for Reporting Population and Production", *Proceedings Sixth Pacific Science Congress California*, 1939, 3 (1940), pp. 535—540.

FOLGER, D. W. şi HEEZEN, B. C., „Trans-Atlantic Sediment Transport by Wind" (abstract), New Orleans, Annual Meeting of the Geological Society of America, 1967.

FREEDMAN, I., „Deuterium Content of Natural Waters and Other Substances", *Geochemica et Cosmochemica Acta*, 4 (1953), pp. 89—103.

FUGLISTER, F. C., „Temperature and Salinity Profiles and Data from the International Geophysical Year of 1957—1958", *Atlantic Ocean Atlas*, The Woods Hole Oceanographic Institution Atlas, Series 1 (1960).

FYE, P. M., MAXWELL, A. E., EMERY, K. O. şi KETCHUM, B. H., „Ocean Science and Marine Resources", în *Uses of the Seas*, editat de E. A. Gullion, Englewood, Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, 1968.

GAARDER, T. şi GRAN, H. H., „Investigations of the Production of Plankton in the Oslo Fjord", Rapp. Proc. Verb. Conseil Internat. Explor. de la Mer, 42 (1927), pp. 1—48.

GOLDBERG, E. D., „The Oceans as a Chemical System", în *The Sea*, vol. 2, editat de M. N. Hill, New York, Interscience, 1963.

GOLDBERG, E. D. şi ARRHENIUS, G. O., „Chemistry of Pacific Pelagic Sediments", *Geochemica et Cosmochemica Acta*, 13 (1958), pp. 153—212.

GOULD, H. R., „Soma Quantitative Aspects of Lake Meade Turbidity Currents", *Society of Economic Paleontology and Mineralogy Special Publication*, nr. 2 (1951), pp. 34—52.

GRAHAM, H. W. şi MOBERG, E. G., „Chemical Results of the Last Cruise of the CARNEGIE", Chemistry I, *Publications of the Carnegie Institute Washington*, nr. 562 (1944).

GUILCHER, A., LIEMEN, PH. H., SHEPARD, F. P. şi ZENKOVITCH, V. R., „Scientific Considerations Relating to the Continental Shelf", *United Nations Educational Scientific and Cultural Organization, Conference on the Law of the Sea*, 13/2 (1957).

HAMILTON, E. L., „Thickness and Consolidation of Deep-Sea Sediments", *Bulletin Geological Society of America*, 70 (1959), pp. 1399—1424.

HARVEY, H. W., „On the Production of Living Matter in the Sea off Plymouth", *Journal Marine Biological Association*, 29 (1950), pp. 97—137.

HARVEY, H. W., *The Chemistry and Fertility of Sea Waters*, Cambridge, England, Cambridge University Press, 1960.

BCU IAŞI

HEEZEN, B. C., „The Deep Sea Floor", în *Continental Drift*, International Geophysics Series, editat de S. K. Runcorn, New York, Academic Press, 1962.
HEEZEN, B. C. şi EWING, M., „Turbidity Currents and Submarine Slumps, and the 1929 Grand Banks Earthquake", *American Journal of Science*, 250 (1952), pp. 849—873.
HEEZEN, B. C. şi EWING, M., „The Mid-Oceanic Ridge", în *The Sea*, vol. 3, editat de M. N. Hill, New York, Interscience, 1963.
HEEZEN, B. C. şi FOX, P. J, „Mid-Oceanic Ridge", în *Encyclopedia of Oceanography*, editat de R. W. Fairbridge, New York, Reinhold 1966.
HEEZEN, B. C. şi HOLLISTER, C., „Deep-Sea Current Evidence from Abyssal Sediments", *Marine Geology*, 1 (1964), pp. 141—174.
HEEZEN, B. C., THARP, M. şi EWING, M., „The Floors of the Ocean, North Atlantic", *Geological Society of America*, Special Paper, nr. 65 (1959).
HEIRTZLER, J. R., DICKSON, G. O., HERRON, E. M., PITMAN, W. C. III şi LE PICHON, X., „Marine Magnetic Anomalies, Geomagnetic Field Reversals, and Motions of the Ocean Floor and Continents", *Journal of Geophysical Research*, 73 (1968), pp. 2119—2136.
HERSEY, J. B., ed., *Deep-Sea Photography*, Baltimore, The Johns Hopkins Press, 1967.
HERSEY, J. B. şi BACKUS, R. H., „Sound Scattering by Marine Organisms", în *The Sea*, vol. 1, editat de M. N. Hill, New York, Interscience, 1962.
HESS, H. H., „History of Ocean Basins", în *Petrologic Studies: A Volume to Honor A. F. Buddington*, New York, Geological Society of America, 1962.
HESSLER, R. R. şi SANDERS, H. L., „Faunal Diversity in the Deep-Sea", *Deep-Sea Research*, 14 (1967), pp. 65—78.
HOLMES, A., „A Revised Geological Time Scale", *Edinburgh Geological Society*, Transaction 17, Partea 3 (1960), pp. 204.
HOOD, D. W., „Chemical Oceanography", *Oceanographic and Marine Biology Annual Review*, 1 (1963), pp. 129—155.
HOOD, D. W., „Seawater: Chemistry", în *Encyclopedia of Oceanography*, editat de R. W. Fairbridge, New York, Reinhold, 1966.
HUNKINS, K. L., „Drifting Ice Stations", în *Encyclopedia of Oceanography*, editat de R. W. Fairbridge, New York, Reinhold, 1966.
ISAACS, J. D. şi ISELIN, C. O. D., eds., „Oceanographic Instruments", National Academy of Science, National Research Council Publication, nr. 309 (1952).
ISAKOV, I. S., (chief), „Ministry of the Navy of the U.S.S.R.", *Morskai Atlas*, 2 (1953).
JENKINS, P. M., „Oxygen Production by the Diatom *Coscinodiscus excentricus*, în Relation to Submarine Illumination in the English Channel", *Journal Marine Biological Association*, 22 (1937), pp. 301—343.
JERLOV, N. G., „Optical Studies of Ocean Waters", *Reports of the Swedish Deep Sea Expedition*, Physics and Chemistry 3, nr. 1 (1951), pp. 1—59.
KALLIE, K. şi WATTENBERG, H., „Über den Kupfergehalt der Ozeanwassers", *Naturwissenschaften*, 26 (1938), pp. 630—631.

BCU CLUJ LIBRARY

KING, C. A. M., „Ocean Waves", în *Encyclopedia of Oceanography*, editat de R. W. Fairbridge, New York, Reinhold, 1966.
KRAUSKOPF, K. B., „Factors Controlling the Concentrations of Thirteen Rare Metals in Sea Water", *Geochemica et Cosmochemica Acta*, 9 (1956), pp. 1—33.
KRAUSKOPF, K. și BEISER, A., *Fundamentals of Physical Science*, New York, McGraw-Hill, 1966.
KU, T. L., „Carbon 14 in Brines and Sediments", în *Hot Brines and Recent Heavy Metal Deposits in the Red Sea*, editat de E. T. Degens și D. A. Ross, New York, Springer-Verlag, 1969.
KUENEN, PH. H. și MIGLIORINI, C. I., „Turbidity Currents as a Cause of Graded Bedding", *Journal of Geology*, 58 (1950), pp. 91—129.
KULLENBURG, B., „The Piston Core Sampler", *Sv. Hydr-Biol. Komm., skr.*, 3, ser., Hydro, Bed. 1, Göteborg, Sweden, 1947.
LADD, H. S., INGERSON, E., TOWNSEND, R. C., RUSSELL, M. și STEPHENSON, H.K., „Drilling on Eniwetok Atoll, Marshall Islands", *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, 37 (1953), pp. 2257—2280.
LAEVESTU, T. și THOMPSON, T. G., „Soluble Iron in Coastal Waters", *Journal Marine Research*, 16 (1958), pp. 192—198.
LA FOND, E.C., „Fixed Platforms", în *Encyclopedia of Oceanography*, editat de R. W. Fairbridge, New York, Reinhold, 1966.
LA FOND, E. C., „Temperature Structure in the Sea", în *Encyclopedia of Oceanography*, editat de R. W. Fairbridge, New York, Reinhold, 1966.
LAMAR, D. L. și MERIFIELD, P. M., „Cambrian Fossils and the Origin of the Earth-Moon System", *Bulletin Geological Society of America*, 78 (1967), pp. 1359—1368.
LEOPOLD, L. P. și DAVIS, K. S., *Water*, New York, Time Incorporated, 1966.
LYMAN, J., „Chemical Considerations", *Physical and Chemical Properties of Sea Water*, National Academy of Science — National Research Council, Publication nr. 600 (1958).
MADSEN, F. J., „Abyssal Zone", în *Encyclopedia of Oceanography*, editat de R. W. Fairbridge, New York, Reinhold, 1966.
MASON, R. G. și RAFF, A. D., „Magnetic Survey off the West Coast of North America, 32° N. Latitude to 42° N. Latitude", *Bulletin Geological Society of America*, 72 (1961), pp. 1259—1266.
MATTHEWS, D. J., „Tables of the Velocity of Sound in Pure Water and Sea Water for Use in Echo-Sounding and Sound-Ranging", *London Hydrographic Department, Admiralty*, 2nd ed. (1939).
McCOY, F. W., Jr., VON HERZEN, R. P., OWEN, D. M. și BOUTIN, P. R., „Deep-Sea Corehead Camera Photography and Piston Coring", Woods Hole Oceanographic Institution Reference, nr. 69—19 (1969).
McGUINNESS, W. T., „Acoustics" (Underwater), în *Encyclopedia of Oceanography*, editat de R. W. Fairbridge, New York, Reinhold, 1966.
MEADE, R. H., „Landward Transport of Bottom Sediments in Estuaries of the Atlantic Coastal Plain", *Journal of Sedimentary Petrology*, 39 (1969), pp. 222—234.

MENARD, H. W., Matine Geology of the Pacific, New York, McGraw-Hill, 1964.
MENARD, H. W. şi SMITH, S. M., „Hypsometry of Ocean Basin Provinces", *Journal of Geophysical Research*, 71 (1966), pp. 4305—4325.
MERO, J. L., „Ocean-Floor Manganes Nodules", *Economic Geology*, 57 (1962), pp. 747—767.
MERO, J. L., „Manganese Nodules (Deep-Sea)", în *Encyclopedia of Oceanography*, editat de R. W. Fairbridge, New York, Reinhold, 1966.
MILLER, D. J., „Giant Waves in Lituya Bay, Alaska", *U. S. Geological Survey Professional Paper*, nr. 354-C (1960), pp. 51—86.
MILLER, S. L., „The Origin of Life", în *The Sea*, vol. 3, editat de M. N. Hill, New York, Interscience, 1963.
MILLIMAN, J. D., „Carbonate Sedimentation on Hogsty Reef, a Bahamian Atoll", *Journal of Sedimentary Petrology*, 37 (1967), pp. 658—676.
MILLIMAN, J. D. şi EMERY, K. O., „Sea Levels During the Past 35 000 Years", *Science*, 162 (1968), pp. 1121—1123.
MOORE, D. G., „The Free-Corer; Sampling Without Wire and Winch", *Journal of Sedimentary Petrology*, 31 (1961), pp. 672—680.
MOORE, T. C. şi HEATH, G. R., „Abyssal Hills in the Central Equatorial Pacific: Detailed Structure of the Sea Floor and Subbottom Reflectors", *Marine Geology*, 5 (1967), pp. 161—179.
MORGAN, J. W., „Rises, Trenches, Great Faults and Crustal Blocks", *Journal Geophysical Research*, 73 (1968), pp. 1959—1982.
MURRAY, J. şi RENARD, A. F., „Deep Sea Deposits, Scientific Results of the Exploration Voyage of H. M. S. CHALLENGER ,1872—1876", *CHALLENGER Reports*, London, Longsmans, 1891.
Oceanographic Vessels of the World, International Geophysical Year, World Data Center for Oceanography and the National Oceanographic Data Center, U. S. Navy Oceanographic Office, Washington, D. C., 1963.
OPDYKE, N. D., GLASS, B., HAYS, J. D. şi FOSTER, J. „Paleomagnetic Study of Antarctic Deep Sea Cores", *Science*, 154 (1966), pp. 349—357.
OSTENSO, N. A., „Arctic Ocean", în *Encyclopedia of Oceanography*, editat de R. W. Fairbridge, New York, Reinhold, 1966.
PATTULLO, J. G., „Tides", în *Encyclopedia of Oceanography*, editat de R. W. Fairbridge, New York, Reinhold, 1966.
PETERSON, M. N. A., „Scientific Goals and Achievements (Deep-Sea Drilling Program)", *Ocean Industry Magazine* (mai, 1969), pp. 62—66.
PITMAN, W. C. III, HERRON, E. M. şi HEIRTZLER, J. R., „Magnetic Anomalies in the Pacific and Sea Floor Spreading", *Journal of Geophysical Research*, 73 (1968), pp. 2069—2085.
PRATT, R. M., „Great Meteor Seamount", *Deep-Sea Research*, 10 (1963), pp. 17—25.
PRITCHARD, D. W., „Observations of Circulation in Coastal Plain Estuaries", în *Estuaries*, editat de G. H. Lauff, American Association for the Advancement of Science Publication, nr. 83 (1967), pp. 37—44.
PROSPERO, J. M. şi KOCZY, F. F., „Radionuclides in Oceans and Sediment", în *Encyclopedia of Oceanography*, editat de R. W. Fairbridge, New York, Reinhold, 1966.

PROSPERO, J. M. şi KOCZY, F. F., „Radionuclides: Their Applications in Oceanography", în *Encyclopedia of Oceanography*, editat de R. W. Fairbridge, New York, Reinhold, 1966.
RAITT, R. W., FISHER, R. L. şi MASON, R. G., „Tonga Trench", in *The Crust of the Earth*, Geological Society of America, Special Paper, 62 (1955), pp. 237—254.
RAKESTRAW, M. N., RUDD, D. P. şi DOLE, M., „Isotopic Composition of Oxygen in Air Dissolved in Pacific Ocean Water as a Function of Depth", *Journal of the American Chemical Society*, 73 (1951), pp. 2976.
RAYMONT, J. E. G., *Plankton and Productivity in the Oceans*, New York, Macmillan, 1963.
REDFIELD, A. C., „On the Proportions of Organic Derivatives in Sea Water and their Relation to the Composition of Plankton", *James Johnstone Memorial Volume* (1934), pp. 177—192.
REDFIELD, A. C., „Ontogeny of a Salt Marsh Estuary", Science 147 (1965), pp. 50—55.
REDFIELD, A. C., KETCHUM, B. H. şi RICHARDS, F. A., „The Influence of Organisms on the Composition of Sea-Water", în *The Sea*, vol. 2, editat de M. N. Hill, New York, Interscience, 1963.
RICHARDS, A. F., „Chemical Oceanography, General", în *Encyclopedia of Oceanography*, editat de R. W. Fairbridge, New York, Reinhold, 1966.
RILEY, G. A., „Factors Controlling Phytoplankton Populations on Georges Bank", *Journal of Marine Research*, 6 (1946), pp. 54—78.
RILEY, J. P., „Historical Introduction", în *Chemical Oceanography*, editat de J. P. Riley şi G. Skirrow, New York, Academic Press, 1965.
ROSS, D. A., „Current Action in a Submarine Canyon", *Nature*, 218 (1968), pp. 1242—1245.
ROSS, D. A. şi SHOR, G. G., Jr., „Reflection Profiles Across the Middle America Trench", *Journal Geophysical Research*, 70 (1965), pp. 5551—5571.
RUNCORN, S. K., „Changes in the Earth's Moment of Inertia", *Nature*, 204 (1964), pp. 823—825.
RUSSELL, F. S., „Hydrographical and Biological Conditions in the North Sea as Indicated by Plankton Organisms", *Journal du Conseil Internat. Explor. de la Mer*, 14 (1939), pp. 171—192.
RYTHER, J. H. şi YENTSCH, C. S., „Primary Production of Continental Shelf Waters off New York", *Limnology and Oceanography*, 3 (1958), pp. 327—335.
SACHS, P. L. şi RAYMOND, S. O., „A New Unattached Sediment Sampler", *Journal of Marine Research*, 23 (1965), pp. 44—53.
SANDERS, J. E., EMERY, K. O. şi UCHUPI, E., „Microtopography of the Continental Shelf by Side-Scanning Sonar", *Bulletin Geological Society America*, 80 (1969), pp. 561—572.
SHEPARD, F. P., *Submarine Geology*, 2nd ed., New York, Harper and Row, 1963.
SHEPARD, F. P., CURRAY, J. R., INMAN, D. L., MURRAY, E. A., WINTERER, E. L. şi DILL, R. F., „Submarine Geology by Diving Saucer", *Science*, 145 (1964); pp. 1042—1046.

BCU IAŞI

SHEPARD, F. P. şi EINSELE, G., „Sedimentation in San Diego Trough and Contributing Submarine Canyons", *Sedimentology*, 1, Nr. 2 (1962), pp. 81—133.
SHEPARD, F. P., MacDONALD, G. A. şi COX, D. C., „The Tsunami of April 1, 1946", *Bulletin Scripps Institution Oceanography, University of California*, 5 (1950), pp. 391—455.
SHIGLEY, C. M., „Seawater as Raw Material", *Ocean Industry*, 3, nr. 11 (1968), pp. 43—46.
SPAETH, M. G. şi BERKMAN, S. C., „The Tsunami of March 28, 1964, as Recorded at Tide Stations", *Coast and Geodetic Survey Technical Bulletin*, nr. 33 (1967).
SPAR, J., *Earth, Sea, and Air; A Survey of the Geophysical Sciences*, Reading, Mass., Addison-Wesley, 1965.
SPIESS, F. N., MUDIE, J. D. şi LOWENSTEIN, C. D., „Deeply Towed Marine Geophysical Observational System", *Transactions American Geophysical Union*, 48 (1967), pp. 133.
STEVENSON, R. A., Jr., „Underwater Television", *Oceanology International* (nov.—dec. 1967), pp. 30—35.
STOMMEL, H., „The Anatomy of the Atlantic", *Scientific American*, ian., 1955.
STOMMEL, H., „A Survey of Ocean Current Theory", *Deep-Sea Research*, 4 (1957), pp. 149—184.
SVERDRUP, H. U., JOHNSON, M. W. şi FLEMING, R. H., *The Oceans: Their Physics, Chemistry, and General Biology*, New York, Prentice-Hall, 1942.
TERZAGHI, K., „Varieties of Submarine Slope Failures", *Proceedings 8th Texas Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering Special Publication*, 29, Austin, Texas, Bureau of Engineering Research, University of Texas, 1956.
THOMSON, T. G., „The Physical Properties of Sea Water", *Physics of the Earth*, Oceanography National Research Council, Bulletin, 85,5 (1932), pp. 63—94.
TUCKER, M. J., „Sideways Looking Sonar for Marine Geology", *Geo-Marine Technology*, 5 (1966), pp. 332—338.
UCHUPI, E., „Maps Showing Relation of Land and Submarine Topography, Nova Scotia to Florida", *United States Geological Survey*, Miscellaneous Geological Investigations, Map 1—451, (1965).
UCHUPI, E., „Slumping of the Continental Margin Southeast of Long Island, New York", *Deep-Sea Research*, 14 (1967), pp. 635—639.
UCHUPI, E., „The Continental Margin South of Cape Hatteras, North Carolina: Shallow Structure", *Southeastern Geology*, 8 (1967), pp. 155—177.
VACQUIER, V., RAFF, A. D. şi WARREN, R. E., „Horizontal Displacements in the Floor of the Northeastern Pacific Ocean", *Geological Society of America Bulletin*, 72 (1961), pp. 1251—1258.
VENING MEINESZ, F. A., „Gravity Expeditions at Sea", Waltman, Delft, vol. 1, 1932.
von ARX, W. S., An Introduction to Physical Oceanography, Reading, Mass, Addison-Wesley, 1962.
WARREN, B., „Oceanic Circulation", în *Encyclopedia of Oceanography*, editat de R. W. Fairbridge, New York, Reinhold, 1966.

WATTENBERG, H.. „Über die Titrationsalkalinität und den Kalziumkarbonatgehalt des Meerwassens, Deutsche Atlantische Exped. METEOR 1925—1927", Wiss. Erg., Bd. 8, 2 Teil (1933), pp. 122—231.
WEEKS, L. G.. „The Gas, Oil, and Sulfur Potentials of the Sea", *Ocean Industry* (iunie, 1968), pp. 43—51.
WEGENER, A.. „Die Entstehung der Kontinente", *Geolica Rundschau*, 3 (1912), pp. 276—292.
WELLS, J. W., „Coral Growth and Geochrometry", *Nature*, 197 (1963), pp. 948—950.
WHITMORE, F. C., Jr.. EMERY, K. O.. COOKE, H. B. S. şi SWIFT, D. J. P.. „Elephant Teeth from the Atlantic Continental Shelf", *Science*, 156 (1967), pp. 1477—1481.
WIEGEL, R. L.. „Waves, Tides, Currents and Beaches: Glossary of Terms and List of Standard Symbols", *Council on Wave Research*, University of California, 1953.
WILKERSON, J. W.. „Airborne Oceanography", *Geo-Marine Technology*, 5 (1966), pp. 287—293.
WORZEL, L. J.. „Extensive Deep-Sea Sub Bottom Reflectors Identified as White Ash", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 45, nr. 3 (1959), pp. 349—355.
WÜST, G.. BROGMUS, W. şi NOODT, E. N.. „Die zonale Verteilung von Salzgehalt, Niederschlag, Verfunstung, Temperatur und Diche an der Oberfläche der Ozeans", *Kieler Meeresforschung*, 10 (1954), pp. 137—161.
ZARUDSKI, E. F. K.. „Swordfish Rams the *Alvin*", *Oceanus* 4 (1967), pp. 14—18.

LUCRĂRI DE OCEANOGRAFIE

Această listă bibliografică a fost indicată de prof. Bernard Gordon de la Northeastern University. Materialul ajutător a fost completat de Lynn Forbes.

ABBOTT, R. T.. *How to Know American Marine Shells*, New York, Signet (KT375).
ABBOTT, R. T.. *A Guide to Field Identification, Seashells of North America*, New York, Golden Press, 1968.
BASCOM, W.. *Waves and Beaches*, New York: Doubleday, Anchor Science, Study Series, 1964.
BEHRMAN, A. S.. *Water is Everybody's Business*, New York, Doubleday, Anchor (AMC4), 1968.
BLANCHARD, D. C.. *From Raindrops to Volcanoes, Adventures With Sea Surface Meteorology*, New York, Doubleday, Anchor (S50), 1967.
BOOLOOTIAN, R. A.. Marine Biology, *A Study of Life in the Sea*, New York, Holt, 1968.
BURKE, W. T.. *Ocean Sciences, Technology and the Future International Law of the Sea*, Columbus, Ohio, Ohio State University Press, 1966.
CARRINGTON R. A.. *Guide to Earth History*, New York, Signet (MT335).
CARSON, R.. *The Edge of the Sea*, New York, Signet (P2360).
CARSON, R.. *The Sea Around Us*, New York, Signet (P2361).

BCU IAŞI CENTRU UNIVERSITAR LIBRARY

CARSON, R., *Under the Sea Wind*, New York, Signet (P2339).
CARSON, R., *Silent Spring*, New York, Fawcett Publications.
CARSON, R., *Life Under the Sea*, New York, Golden Press, 1969.
CHAPMAN, V. J., *Coastal Vegetation*, New York, Pergamon.
CLARK, J., *Fish and Man, Conflict in the Atlantic Estuaries*, Highlands, New Jersey, Special Publication nr. 5, American Littoral Society, 1967.
CLARKE, A. C., *The Challenge of the Sea* (Introduction by Wernher von Braun), New York, Dell (# 1159).
CLARKE, A. C., cu WILSON, M., *The Treasure of the Great Reef*, New York, Harper & Row, Perennial Library (P25).
COATES, C. W., *Tropical Fish as Pets*, New York, Collier Books (AS177).
COKER, R. E., *This Great and Wide Sea*, New York, Harper Torchbook (TB551), 1962.
COUSTEAU, J. Y., *The Silent World*, New York, Pocket Books (GC119).
COWEN, R. C., *Frontiers of the Sea*, New York, Bantam Books (HP29), 1963.
DANIEL, H. şi MINOT, F., *The Inexhaustible Sea*, New York, Collier Books (AS9K).
DARWIN, C., *The Structure and Distribution of Coral Reefs*, Berkeley, University of California Press, 1962.
DARWIN, G. H., *The Tides*, San Francisco, Freeman.
DAWSON, E. Y., *How to Know the Seaweed*, Dubuque, Iowa, W. C. Brown, 1956.
DEFANT, A., *Ebb and Flow: The Tides of Earth, Air and Water*, Ann., Arbor, Michigan, University of Michigan Press (AAS506), 1958.
DIBNER, B., *The Atlantic Cable*, Waltham, Mass., Blaisdel (BP15).
DOWDESWELL, W., *Animal Ecology*, New York, Harper Torchbook (TB543).
EDDY, S., *How to Know the Fresh-Water Fishes*, Dubuque, Iowa, W. C. Brown, 1957.
FORBES, L., compiler, *Oceanography in Print*, Falmouth, Mass., Oceanographic Education Center, 1968.
GALTSOFF, P. S., *The American Oyster*, U.S. F. W. S. Fishery Bulletin Vd. 64, U. S. Government Printing Office, Washington, D. C., 1964.
GORDON, B. L., *Handbook for Advisers to Junior American Littoral Society*, Highlands, New Jersey, American Littoral Society.
GROSS, M. G., *Oceanography*, Columbus, Ohio, C. E. Merrill Books, 1967.
GUBERLET, M. L., *Seaweeds at Ebb Tide*, Seattle, Washington, University of Washington Press, 1956.
GULLION, E. A., ed., *Uses of the Seas*, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, Spectrum, 1966.
HEYERDAHL, T., *Kon Tiki*, New York, Pocket Books.
HIRSCH, P., ed., *Underwater*, New York, Pyramid, 1966.
JOHNSON, M. E. şi SNOOK, H. J., *Seashore Animals of the Pacific Coast*, New York, Dover Publications, Inc., 1967 (Reprint of 1927 edition).
KEEN, M. J., *An Introduction to Marine Geology*, New York, Pergamon Press, 1968.
KUENEN, P. H., *Realms of Water*, New York, Wiley, 1963.
LANE, F. W., *Kingdom of the Octopus*, New York, Pyramid, 1963.

LAWRENCE, L. G., *Electronics in Oceanography*, Indianapolis, Indiana, Bobbs-Merrill, 1967.
LEWIS, W. M., *Man and Dolphin*, New York, Pyramid, 1963.
LILLY, J. C., *The Mind of the Dolphin*, New York, Avon Discussion Books, 1969.
LONG, E. J., *New Worlds of Oceanography*, New York, Pyramid, 1965.
MAGER, N. H., *A Guide to Tropical Fish*, New York, Washington Square Press.
MORTON, J. E., *Mollusca*, New York, Harper Torchbook.
NEWELL, G. E. şi NEWELL, R. C., *Marine Plankton: A Practical Guide*, London, Hutchinson Educational, 1963.
NORTH, W. J., *Golden Guide to Scuba Diving, Handbook of Underwater Activities*, Washington, D. C., Smithsonian Institution, 1965.
PETERSON, M., *History Under the Sea: A Handbook of Underwater Exploration*, Washington, D. C., Smithsonian Institution, 1965.
PICKARD, G. L., *Descriptive Physical Oceanography*, Oxford, Pergamon Press, 1963.
PRESCOTT, G. W., *How to Know the Fresh-Water Algae*, Dubuque, Iowa, Wm. Brown.
RAPPORT, S., *The Crust of the Earth*, New York, Signet.
REID, G. K. şi colab., *Pond Life. A Guide to Common Plants and Animals of N. American Ponds and Lakes*, New York, Golden Press, 1967.
SCOTT, W. B., *Freshwater Fishes of Eastern Canada*, University of Toronto Press.
SHEPARD, F. P., *The Earth Beneath the Sea*, New York, Atheneum, 1964.
SMITH, R. F., SWARTZ, A. H. şi MASSMANON, W. H., eds., *A Symposium on Estuarine Fisheries*, Washington, D. C., American Fisherics Society Special Publication, nr. 3, 1966.
SPAR, J., *Earth, Sea and Air*, Reading, Mass., Addison-Wesley.
STEWART, H., *The Global Sea*, New York, Van Nostrand, 1963.
TUCKER, D. G. şi GAZEY, B. K., *Applied Underwater Acoustics*, New York, Pergamon Press, 1966.
TUREKIAN, K. K., *The Oceans*, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall, 1968.
University Curricula in the Marine Sciences and Related Fields, Marine Sciences Affairs Staff, Office of the Oceanography of the Navy, Academic years 1969—1970 and 1970—1971, U. S. Government Printing Office, Washington, D. C.
WICKSTEAD, J. H., *An Introduction to the Study of Tropical Plankton*, London, Hutchinson, 1965.
YASSO, W. E., *Oceanography; A Study of Inner Space*, New York, Holt, 1965.
YOUNGE, C. M., *The Seashore*, New York, Atheneum, 1963.

BCU IAȘI

GLOSAR DE TERMENI OCEANOGRAFICI

Abisal Termen ce se referă la acea parte a oceanului cuprinsă între adîncimile de aproximativ 2000 pînă la 6000 m.

Acvacultură Cultivarea oceanului prin creşterea în condiţii controlate a unor organisme ca peşti, alge, moluşte etc. În prezent, această metodă este utilizată numai în regiuni din apropierea ţărmului.

Adîncime de compensare Adîncimea la care oxigenul produs de plante prin fotosinteză este echivalent cantităţii necesare plantelor pentru respiraţie (într-un interval de 24 de ore).

Afloriment Ivirea unor roci la zi (la suprafaţa pămîntului).

Alunecare Deplasarea în masă prin alunecarea unor sedimente pe o pantă submarină.

Alterarea rocilor Procesele chimice şi fizice care provoacă degradarea rocilor, conducînd, în final, la formarea solului.

Anaerobioză Situaţie caracterizată prin lipsa oxigenului. Un exemplu de acest fel îl constituie Marea Neagră.

Anion Ion încărcat cu sarcină negativă. De exemplu clorul, Cl^- şi oxigenul, O^{-2}.

Anomalie magnetică Devierea de la valoarea normală a cîmpului magnetic terestru. Această deviere poate fi datorată concentrării mineralelor magnetice, sau unui corp eruptiv îngropat sau care aflorează.

Atenuarea valului Reducerea formei sau înălţimii valului, pe măsura depărtării sale de locul de formare.

Atol Recif de corali cu formă circulară, care închide o lagună.

Atom Cel mai mic component al unui element, care păstrează toate proprietăţile elementului. Atomul este constituit din protoni, electroni şi neutroni.

Bacterii autotrofe Bacterii care îşi produc singure hrana din compuşi anorganici.

Bacterii heterotrofe Bacteriile care utilizează în procesul de hrănire materie organică produsă de alte organisme.

Batial Termen ce se referă la acea parte a oceanului cuprinsă aproximativ între adîncimile de 200 pînă la 2000 m.

Batimetrie Măsurarea adîncimii oceanului.

Batitermograf Aparat utilizat pentru determinarea temperaturii oceanului, la diferite adîncimi.

Bazalt Rocă eruptivă constituită mai ales din feldspaţi şi piroxeni, care apare în mod frecvent pe fundul oceanului. Se consideră că rocile bazaltice reprezintă fundamentul celor mai multe bazine oceanice.

Bazin oceanic Partea oceanului situată spre exteriorul marginii continentale, care include zona fundului marin adînc.

Bentic sau *bentonic* Termen care se referă la zona fundului oceanic locuită de organisme marine.

Bentos Totalitatea organismelor care trăiesc pe fundul oceanului, sau în contact strîns cu acesta (aşa cum sînt anumiţi peşti).

Bermă Porţiune plată a unei plaje, formată prin acţiunea valurilor.

Bioluminiscenţă Producerea luminii de către organisme vii, ca rezultat al unei reacţii chimice.

Biomasă Cantitatea de organisme vii, exprimată în grame pe unitatea de suprafaţă sau unitatea de volum.

Biosferă Termen complex care defineşte zona de viaţă a organismelor de pe globul pămîntesc.

Biotop Sector în cuprinsul căruia condiţiile principale de viaţă sînt uniforme, iar organismele adaptate acestor condiţii formează o biocenoză aparte.

Bora (tidal bore) Val mare de origine mareică ce se propagă spre amonte în unele fluvii şi estuare.

Brizant (breaking wave, surf) Val de resacă dintr-o zonă costieră.

Canal sonic Canalul sonic apare acolo unde viteza sunetului atinge o valoare minimă. Sunetul din această zonă este refractat în sus şi în jos înapoi în zonă, cu pierderi mici de energie. Astfel, sunetul care se propagă prin acest canal poate fi transmis la distanţe de multe mii de kilometri.

Capacitate calorică Raportul dintre cantitatea de căldură absorbită sau eliberată de un obiect şi variaţia de temperatură a obiectului. Cu alte cuvinte, cantitatea de căldură necesară pentru a ridica temperatura obiectului.

Carbon-14 Izotop radioactiv care poate fi utilizat pentru datare. Acest izotop este util mai ales pentru datarea materialului care a fost în stare vie, căci orice materie vie conţine carbon. Timpul de înjumătăţire al C^{14} este de 5570 ani.

Cation Ion încărcat cu sarcină pozitivă. De exemplu hidrogenul, H^+ şi sodiul, Na^+.

Căldură latentă Cantitatea de căldură absorbită sau eliberată de o substanţă în cursul schimbării stării sale de agregare, în condiţii constante de temperatură şi presiune. Căldura latentă de evaporare se referă la cantitatea de căldură necesară pentru a trece din starea lichidă în starea gazoasă.

Căldură specifică Cantitatea de căldură necesară pentru a ridica sau a coborî la o anumită temperatură o unitate de masă dintr-o substanţă.

Ciclul apei Sistemul datorită căruia apa oceanică este transferată în atmosferă prin evaporare, pentru ca în final să revină în ocean în mod direct, ca precipitaţii, sau indirect, prin intermediul rîurilor.

Cîmpie abisală Porţiune plată a fundului oceanic constituită din depozite sedimentare. Panta cîmpiei abisale este mai mică de 1:1000.

Clasificare taxonomică Metodă sistematică de clasificare a animalelor şi plantelor.

Clorofilă Grup de pigmenţi verzi ce există în plante şi care are rol esenţial în fotosinteză.

Comunitate Grup omogen de organisme ce conviețuiesc într-o anumită regiune. Aceste organisme depind unele de altele şi de mediul lor de viaţă. Comunitatea poate fi definită prin modul de viaţă sau prin organismele constituente.

Concentrat de proteină de peşte Concentrat de proteină, fără miros şi fără gust, care poate fi obţinut aproape din orice fel de peşte. Se consideră că acest produs reprezintă rezolvarea parţială a unor probleme alimentare ale lumii.

Conductibilitate electrică Măsura capacității unui material de a transmite electricitate.

Creasta valului Partea cea mai înaltă a unui val.

Curenți de convecție Deplasare care ia naștere în cuprinsul unui fluid datorită unor diferențe de densitate sau temperatură.

Curenți de maree Curenți generați de maree.

Curent de retur (rip current) Curent îngust care curge spre largul mării, generat de acumularea produsă prin spargerea valurilor în zona din apropierea țărmului.

Curent de turbiditate Curent tulbure relativ dens, constituit din apă și sediment, care curge pe pantă prin apa marină mai puțin densă. În final materialul sedimentar se depune formînd un turbidit.

Curent geostrofic Curent al cărui gradient orizontal de presiune este echilibrat de forța Coriolis. Acești curenți pot fi calculați pe baza unor măsurători precise de temperatură și salinitate, efectuate în puncte apropiate.

Curenți longitudinali de țărm (longshore currents) Curenți din apropierea țărmului care se deplasează paralel cu coasta.

Cutremur de pămînt Deplasare bruscă a scoarței pămîntului provocată de faliere sau de o activitate vulcanică. Cutremurele se pot produce în roci din apropierea suprafeței, sau la adîncimi pînă la 700 km de la suprafață. Zona reală în care are loc cutremurul se numește hipocentru; punctul situat la suprafața pămîntului, deasupra hipocentrului, poartă numele de epicentru.

Dealuri abisale Mici dealuri neregulate, cu înălțimi de 30 pînă la 1000 m, care acoperă suprafețe mari ale fundului oceanic. Aceste dealuri sînt deosebit de frecvente în Oceanul Pacific.

Decibar Unitate de măsură a presiunii reprezentînd 1/10 din presiunea atmosferică normală și aproximativ egală cu variația presiunii corespunzătoare modificării adîncimii marine cu un metru.

Densitate Greutatea unității de volum.

Depozite autigene Depozite formate pe loc înainte de acoperirea sedimentului. De obicei au precipitat direct din apa mării.

Depozite detritice Depozite sedimentare rezultate prin eroziunea și alterarea rocilor.

Depresiunea valului Partea cea mai coborîtă a valului dintre două creste succesive.

Desalinizare Diferite procese care conduc la înlăturarea sărurilor din apa de mare, producînd apă dulce care poate fi consumată de oameni.

Discontinuitatea Mohorovičić Modificare clară a vitezei seismice care apare la adîncimea de 11 km în ocean și 35 km sub continente, delimitînd partea superioară a mantalei terestre. Această discontinuitate, denumită de obicei Moho, poate reprezenta o variație de fază sau o modificare chimică a constituției terestre.

D.S.D.P. (Deep Sea Drilling Project) Vezi Proiectul de Foraje Marine Adînci.

Diurn Referitor la maree; o maree joasă și o maree înaltă în cursul unei zile lunare (aproximativ 24 ore și 50 minute).

Divergență Referitor la curgerea apei în diferite direcții plecînd dintr-o anumită regiune sau zonă; deseori asociată cu zone de upwelling.

BCU IAȘI

Elemente conservative Elemente care rămîn constante în raport cu alte elemente chimice din apa mării. De exemplu clorul, sodiul şi magneziul.

Elemente radioactive Acele elemente capabile să se transforme în alte elemente, prin emiterea din nucleul lor a unor particule încărcate.

Epicentru Vezi cutremur de pămînt.

Eroziune Termen care descrie dezintegrarea fizică şi chimică a unei roci şi deplasarea acestor particule sparte sau dizolvate.

Estuar O masă de apă semi-închisă în zona de coastă care dispune de legătură liberă cu largul mării şi în cadrul căreia apa de mare este diluată cu apă dulce provenită din fluviu.

Falie Fractură printr-o rocă de-a lungul căreia compartimentele opuse au suferit o deplasare relativă.

Fathom Unitate de măsură a adîncimii egală cu 6 picioare (1,83 m).

Fitoplancton Acea parte a planctonului reprezentată de organismele vegetale.

Flexură continentală (shelf break) Ruptură netă de pantă care marchează marginea platformei continentale şi începutul pantei continentale.

Forţa centrifugă Forţă datorată rotaţiei care provoacă o mişcare de depărtare faţă de obiectul ce se roteşte.

Forţa Coriolis Forţa care ia naştere în urma mişcării de rotaţie a Pămîntului. Această forţă face ca orice obiect sau fluid în mişcare orizontală să se abată de la locul de origine, spre dreapta, în emisfera nordică şi spre stînga, în emisfera sudică.

Fotosinteză Producerea de către plante a materiei organice, utilizînd apă şi bioxid de carbon şi săruri minerale în prezenţa clorofilei şi a luminii. În cursul reacţiei se eliberează oxigen.

Fracţionare Separarea sau divizarea în diferiţi componenţi, care se produce în cazul unor izotopi din ambianţa marină.

Frecvenţă Numărul de cicluri sau evenimente dintr-o perioadă de timp dată.

Gaze rare Gaze ca argonul, kryptonul şi xenonul care există în atmosfera terestră în cantităţi foarte mici.

Geomorfologie Studiul formei suprafeţei terestre şi al proceselor care o controlează şi o modifică.

Geosinclinal Bazin liniar de dimensiuni mari care conţine o importantă acumulare de sedimente (cu grosimea de o mie de metri sau mai mare). Aceste bazine pot fi ridicate, cutate şi faliate, în final dînd naştere unui lanţ muntos.

Granit Rocă eruptivă grosier granulară ce constă în special din cuarţ şi feldspaţi alcalini.

Gravimetru Aparat utilizat pentru măsurarea diferenţelor existente în cuprinsul cîmpului gravitaţional terestru.

Gravitaţie Forţa de atracţie care determină căderea obiectelor terestre în direcţia centrului Pămîntului. Legea universală a gravitaţiei, elaborată pentru prima dată de Newton, arată că orice particulă din univers atrage alte particule cu o forţă proporţională cu produsul maselor şi invers proporţională cu pătratul distanţelor dintre particule.

Greutate atomică Greutatea relativă a unui atom, considerînd că atomul de oxigen are greutatea 16. În esenţă, greutatea atomică este egală cu numărul protonilor dintr-un atom.

Guyot Vezi munte submarin tabular.

Hadal Referitor la zonele cele mai adînci ale oceanului; regiunile oceanice cu adîncimi mai mari de 6000 m.

Haloclină Zonă situată între adîncimile de 50—100 m şi posibil 1000 m, în cuprinsul căreia salinitatea variază brusc. Variaţia salinităţii este mai importantă în haloclină decît în apele limitrofe.

Hipocentru Vezi cutremur de pămînt.

Holocen Vezi Pleistocen.

Holoplancton Totalitatea organismelor care îşi petrec întreaga viaţă în plancton.

Ierbivore Organisme care se hrănesc cu plante.

Interfaţă Limitele sau suprafeţele de contact dintre două materii diferite; cele mai importante interfeţe oceanice sînt apă-atmosferă, apă-biosferă şi apă-sediment.

Ion Atom sau grup de atomi cu o sarcină electrică. În apa mării cea mai mare parte a atomilor apar în formă ionică. Cationul este un ion cu sarcină pozitivă; ionul cu sarcină negativă se numeşte anion.

Izotop Diferite forme ale aceluiaşi element, diferenţa referindu-se mai ales la greutăţile lor atomice.

J.O.I.D.E.S. (Joint Oceanographic Institutions Deep Earth Sampling) Program de foraj submarin care a realizat iniţial şase găuri de sondă în sedimentele de pe platforma şi panta continentală din estul Floridei. A doua fază a programului, Proiectul de Foraje Marine Adînci, a efectuat numeroase foraje în oceanele Atlantic şi Pacific.

Kilometru Unitate metrică pentru măsurarea distanţelor egală cu 1 000 m, 0,62 mile engleze, sau 0,54 mile nautice.

Lagună Masă acvatică cu adîncime mică asemănătoare unui lac, separată de mare printr-o bară sau un banc.

Lanţ trofic Sistem complex care înglobează numeroase organisme diferite, fiecare dintre ele constituind hrana unui organism situat la un nivel mai ridicat în lanţul sau secvenţa trofică.

Lavă Rocă lichidă care se ridică la suprafaţă, de obicei printr-un vulcan sau o fisură.

Legătură covalentă Legătura dintre doi atomi ai unei molecule care folosesc în comun unul sau mai mulţi electroni.

Lichefiere spontană Cînd sedimentele saturate cu apă sînt afectate de un şoc brusc, sau de creşterea presiunii apei din pori, se pot modifica contactele interne dintre granulele sedimentului. În acest caz, întreaga masă sedimentară se poate deplasa sau curge, asemănător unei avalanşe.

Linie de ţărm Locul unde uscatul se întîlneşte cu apa.

Linii de ţărm primare Liniile de ţărm din zone de coastă care au fost generate în special de agenţi tereştri ca: rîuri, gheţari, delte, vulcani, cutare şi faliere.

Linii de ţărm secundare Acele linii de ţărm care există în zone de coastă formate de agenţi marini sau biologici, cum ar fi recifi de corali, bariere de nisip şi mlaştini.

Litoral Referitor la zona bentonică situată între limita mareelor înalte şi adîncimea de aproximativ 200 m.

Lungimea de undă a valului Distanța orizontală dintre două creste de valuri (sau puncte similare de pe profilul valurilor) măsurată paralel cu direcția de înaintare a valului.

Magmă Materie topită care generează roci, provenită din crusta și mantaua terestră. Cînd este extrusă și curge la suprafața pămîntului (în zone uscate sau acvatice) se numește lavă.

Magnetometru Aparat utilizat pentru măsurarea direcției și intensității cîmpului magnetic terestru.

Maree Ridicarea și coborîrea regulată a nivelului mării, provocate în special de atracția gravitațională a lunii și soarelui exercitată asupra pămîntului.

Maree de cvadratură (neap tide) Maree joase care apar la interval de aproximativ două săptămîni, la primul și al treilea pătrar al lunii.

Maree de sizigii (spring tides) Maree înalte care apar la interval de aproximativ două săptămîni, cînd este lună nouă sau lună plină.

Măsurători sinoptice Numeroase măsurători efectuate simultan în cuprinsul unei regiuni mari.

Margine continentală Acea parte a continentului care este adiacentă oceanului, separînd uscatul de zona marină adîncă. Marginea continentală include platforma, panta (taluzul) și piemontul continental.

Meroplancton Animale care își petrec numai o parte a vieții în plancton, devenind în final nectonice sau bentonice.

Metabolism Procesul care cuprinde atît formarea protoplasmei de către organisme, din hrană sau prin fotosinteză, cît și distrugerea protoplasmei și eliberarea produselor și energiei rezultate.

Munte submarin tabular (guyot) Munte submarin cu vîrful plat.

Munți submarini Ridicări izolate de pe fundul mării, a căror înălțime depășește de obicei 1000 m. În mod obișnuit forma lor este asemănătoare unui con inversat.

Muson Termen care definește vînturi sezoniere, atribuit de obicei sistemului de vînturi din Oceanul Indian.

Navigație la estimă Sistem de navigație care utilizează numai viteza și direcția navei pentru estimarea poziției sale.

Necton Animale capabile să înoate, independente de acțiunea curentului.

Neritic Partea domeniului pelagic care se extinde din zona apropiată de țărm pînă la adîncimea de aproximativ 200 m; cu alte cuvinte, apele care acoperă platforma continentală.

Nod Unitate de viteză egală cu o milă nautică (6080 ft) pe oră. Este aproximativ egală cu 50 cm/sec sau 1,69 ft/sec.

Nutrienți Vezi substanțe nutritive.

Osmoză Trecerea ionilor sau moleculelor dizolvate printr-o membrană semipermeabilă. Cînd există o diferență de concentrație, de o parte și de alta a membranei apare o presiune osmotică. Cu cît concentrația este mai diferită, cu atît este mai mare presiunea osmotică. Ionii sau moleculele se deplasează către soluția mai concentrată.

Oxidare Procesul prin care un element sau un compus se combină cu oxigenul, sau care are ca rezultat eliminarea electronilor unui ion sau atom.

Paleomagnetism Studiul variațiilor cîmpului magnetic terestru bazat pe proprietățile magnetice ale rocilor vechi.

Pantă (Povîrniș) continentală Taluz cu înclinare medie de aproximativ 4° care se extinde de la marginea externă a platformei continentale pînă la piemontul oceanic sau fundul marin adînc.

Particule coloidale Particule cu dimensiuni foarte reduse, de obicei mai mici de 0,00024 mm.

Păscutul fitoplanctonului (grazing) Procesul de hrănire a zooplanctonului cu fitoplancton.

Pelagic Termen ce se referă la diviziunea mediului marin care include toată masa de apă. În cuprinsul domeniului pelagic se poate recunoaște o provincie neritică (apa de deasupra platformei continentale) și o provincie oceanică (apa de deasupra fundurilor adînci).

Perioada valului Timpul în decursul căruia crestele succesive ale unui val trec printr-un punct fix.

pH Simbol care exprimă alcalinitatea sau aciditatea unei soluții. pH-ul este reprezentat de logaritmul cu sens schimbat al concentrației ionilor de hidrogen, sau $pH = 10\ g\ 1/H^+$. Soluțiile neutre au pH-ul 7,0, cele acide au pH mai mic de 7,0 iar soluțiile alcaline sînt caracterizate prin pH mai mare de 7,0.

Picnoclină Zonă în cuprinsul căreia densitatea apei crește brusc. Creșterea este mai importantă decît în apele de deasupra sau de dedesubt. Variația densității, sau picnoclina, este datorată variațiilor de temperatură și salinitate.

Piemont oceanic (continental rise) Zonă cu pantă lină (de obicei mai mică de o jumătate de grad sau 1 : 100) situată la baza pantei continentale.

Pinger Dispozitiv acustic pentru determinarea punctului, deasupra fundului, unde se află anumite aparate.

Plancton Organisme plutitoare sau cu capacități de deplasare reduse și care sînt transportate de curenții oceanici. Dimensiunile planctonului variază de la plante microscopice la meduze mari.

Platformă continentală Partea puțin adîncă a fundului marin care se află în vecinătatea imediată a continentului. În general, platforma continentală are o pantă lină spre mare și se termină brusc în partea externă, la o schimbare rapidă de pantă începînd panta continentală.

Pleistocen Epocă geologică cu durata de 1 pînă la 2 milioane de ani, care s-a încheiat aproximativ cu 10 000 de ani în urmă. Această epocă a fost subdivizată în patru stadii glaciare și trei stadii interglaciare. Ultima fază glaciară pleistocenă este glaciația Wisconsin. Epoca holocenă, în care ne aflăm astăzi, nu face parte din Pleistocen, putînd reprezenta un stadiu interglaciar.

Polimorfism Organisme care apar sub mai multe forme diferite, independente de deosebirile sexuale.

Prag Creastă care separă un bazin oceanic parțial închis de ocean sau de alt bazin.

Presiune Forța pe unitatea de suprafață care se aplică asupra unui obiect.

Priză (fetch) Suprafața mării asupra căreia suflă vîntul, în zona unde sînt generate valuri de furtună.

Primordial Care aparține începutului sau perioadei inițiale a istoriei terestre.

Procese de amestec Orice proces sau condiție care determină amestecul apei marine.

Productivitate Producerea materialului organic.

Producție totală Cantitatea de materie organică fotosintetizată de plante într-o anumită perioadă de timp și în cuprinsul unei anumite suprafețe sau volum.

Proiectul de Foraje Marine Adînci (Deep Sea Drilling Project) Proiect științific la scară mare al cărui scop este de a fora numeroase găuri adînci de sondă în sedimentele de pe fundul oceanic.

Proprietăți coligative Acele proprietăți care variază în funcție de numărul elementelor chimice dintr-o soluție și nu de constituția acestor elemente. În apa de mare punctul de fierbere și presiunea osmotică cresc odată cu creșterea salinității, pe cînd presiunea vaporilor scade.

Protoplanete Planetele inițiale care au precedat și prin dezvoltarea cărora au luat naștere planetele actuale (conform teoriei condensării).

Punct de fierbere Temperatura la care un lichid începe să fiarbă. În cazul apei pure această temperatură este de 100°C sau 212°F, la presiune normală.

Punct de înghețare Temperatura la care un lichid îngheață sau se solidifică, în condiții de presiune normală. Această temperatură este de 0°C sau 32°F pentru apa dulce. Temperatura de înghețare a apei marine normale (salinitate de aproximativ $35^0/_{00}$) este de —1,9°C sau aproximativ 28°F.

Refracția valurilor Schimbarea direcției valurilor ce se produce cînd o parte a valului ajunge în apă cu adîncime mică și este încetinită, în timp ce cealaltă parte a valului se află în apă adîncă și avansează relativ rapid.

Respirație Proces de oxidare în cursul căruia plantele și animalele utilizează materia organică transformînd-o în energie. Acest proces consumă oxigen și eliberează bioxid de carbon.

Roci eruptive Rocile formate prin solidificarea unei magme topite. Magma constă din numeroase minerale (mai ales silicați) și gaze provenite din crusta terestră și din manta și se află în stare lichidă.

Roci metamorfice Rocile care au fost supuse unor variații mari de temperatură, presiune, sau ambianță chimică. Rocile metamorfice erau constituite ca roci și înainte de aceste mari variații.

Roci sedimentare Rocile care s-au format prin acumularea particulelor în apă sau din aer.

Roci vulcanice Roci care au rezultat de pe urma erupțiilor vulcanice.

Salinitate Cantitatea totală de săruri dizolvate în apa marină. Este măsurată în părți la mie prin greutatea exprimată în grame la un kilogram de apă marină.

S.C.U.B.A. (Self Contained Underwater Breathing Apparatus) Aparat autonom pentru respirație sub apă.

Sedimente pelagice Sedimente depuse în apă marină adîncă, în constituția cărora materialul terigen este absent sau în cantitate redusă.

Sedimente relicte Sedimente ale căror caractere nu exprimă condițiile actuale, ci condiții de mediu mai vechi.

Sedimente terigene Sedimente constituite din material provenit de pe uscat. De obicei aceste depozite apar în apropierea uscatului.

Seismicitate Referitor la mişcările terestre sau cutremure. O zonă cu seismicitate ridicată este afectată de numeroase cutremure.

Seiş Vezi val staţionar.

Sextant Aparat pentru măsurarea unghiurilor.

Soluţie acidă Lichid a cărui concentraţie a ionilor de hidrogen este mai mare decît concentraţia ionilor hidroxilici, sau al cărui pH este mai mic decît 7,0.

Soluţie alcalină Lichid a cărui concentraţie a ionilor hidroxilici depăşeşte concentraţia ionilor de hidrogen, sau al căror pH este mai mare de 7,0. Apa de mare este uşor alcalină, avînd pH-ul între 7,5 şi 8,4.

Solubilitate Gradul în care o substanţă se amestecă cu altă substanţă.

Sondaj Determinarea adîncimii oceanului. Poate fi efectuată prin coborîrea pînă la fund a unui cablu cu sondă sau, prin mijloace electronice, cunoscînd timpul de propagare a sunetului pînă la fund şi înapoi.

Sondaj acustic Metodă de determinare a adîncimii oceanului prin măsurarea intervalului de timp dintre emiterea unui semnal acustic şi reîntoarcerea sa după ce a atins fundul mării. Semnalul reîntors este exprimat grafic pentru a prezenta grafic aspectul topografiei fundului marin. Aparatul care se bazează pe această metodă este numit ecograf.

Staţie oceanografică Se referă la punctul în care se efectuează observaţii oceanografice în timp ce nava de cercetări staţionează.

Strat difuzant de adînc Strat reflectant determinat de prezenţa în apă a anumitor organisme. De obicei stratul sau stratele, a căror grosime poate atinge 100 m, se ridică spre suprafaţă în cursul nopţii şi coboară la răsăritul soarelui.

Structură micro-termică Variaţii de temperatură la scară mică, care afectează dimensiuni orizontale sau verticale.

Substanţe nutritive sau *săruri minerale nutritive* Compuşi sau ioni care sînt necesari plantelor pentru producerea materiei organice.

Telemetrie Metodă, de obicei electronică, de măsurare a unor parametri şi de transmitere ulterioară a datelor către o staţie de recepţie.

Termistor Dispozitiv sensibil la căldură care poate fi utilizat pentru măsurarea temperaturii.

Termoclină Zonă în cuprinsul căreia scăderea de temperatură este mai rapidă în comparaţie cu masele de apă de deasupra şi de dedesubtul său. În mod obişnuit această zonă începe de la 10 pînă la 500 m sub suprafaţa apei şi se poate extinde pînă dincolo de adîncimea de 1500 m.

Timp de înjumătăţire Timpul necesar ca jumătate dintre atomii unui izotop radioactiv să se dezintegreze în alt izotop. Timpul de înjumătăţire este diferit pentru fiecare element radioactiv.

Timp de rezidenţă Această noţiune este definită prin raportul dintre cantitatea totală a unui element aflat în ocean şi frecvenţa introducerii acelui element, sau intensitatea precipitării sale în sedimente.

Topografie Studiul sau descrierea caracterelor fizice ale suprafeţei terestre.

Tsunami Val cu perioadă mare generat de un cutremur submarin de alunecare sau erupţii vulcanice. Aceste valuri, denumite uneori impropriu valuri de maree, au înălţimi de numai cîţiva centimetri în zona cu apă adîncă, dar pot atinge înălţimi de zeci de metri înainte de a se sparge pe plajă.

Turbă Sediment de culoare brună constituit din țesuturi vegetale parțial descompuse.

Turbidit Sediment, în general cu granulație grosieră, depus de un curent de turbiditate. De obicei aceste sedimente alternează cu mîluri fin granulare tipice adîncurilor marine.

Turbulență Curgere a apei în cadrul căreia deplasarea particulelor individuale este neregulată și confuză.

Upwelling Deplasarea apei din adîncime spre suprafață.

Valuri catastrofice Valuri mari, generate de furtuni puternice sau alunecări submarine, care pot provoca pagube materiale importante și pierderi de vieți omenești.

Valuri de furtună Acumulări de apă anormal de înalte generate de vînturi puternice care suflă pe suprafața apei.

Valuri staționare Tip de valuri caracterizate prin faptul că forma valului nu avansează, suprafața apei deplasîndu-se numai ascendent și descendent. În anumite puncte fixe, numite noduri, suprafața apei rămîne staționară.

Viteza valului Viteza de avansare a valului. Este exprimată de raportul dintre lungimea de undă și perioada valului.

Zeolit Tip special de mineral autigenic.

Zonă afotică Partea oceanului unde nu există suficientă lumină pentru fotosinteza plantelor.

Zonă a minimului de oxigen Strat de sub suprafața apei unde conținutul de oxigen este foarte scăzut sau nul.

Zonă eufotică Zonă în cadrul căreia apa primește suficientă lumină solară pentru ca plantele să poată produce fotosinteza.

Zonă fotosintetizantă Zona oceanică în cuprinsul căreia se poate produce fotosinteza, de obicei determinată de disponibilitatea luminii. În mod normal, în largul oceanului această zonă se extinde de la suprafață pînă la adîncimea de 100 m.

Zonă de fractură Regiune liniară a fundului oceanic, caracterizată prin existența crestelor și munților submarini. În mod obișnuit aceste caractere sînt asociate cu creasta mediană comună celor mai multe bazine oceanice.

Zooplancton Plancton format din organisme animale.

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

INDICE*

Abisal, 163, g
Abisul Challenger, 327
Acizi organici, 137—138
Acvacultură, 380
  metode de, 380
Adîncime de compensare, 209
Administrația centrelor științifice de studiu al mediului înconjurător, 20
Agar, 183
Agassiz, 49
Agor, 60
Alcalinitate, 158
Alcionari, 189—**190**
„Alexander's Acres", 228
Alge, 179—186
Alge albastre-verzi, 181
Alge brune, 182
Alge roșii, 183
Alge verzi, 182
Alizee, **247**
Alterare, produse de, 303
Aluminaut, 63, **65, 66,** 67
Alvin, 7, 63, 67, **68, 69, 168**
Ambianță biologică a mării, 171—186
Ambianță eulitorală, 164
Ambianță oceanică, 160
Amphineura, 193
Amphipoda, 193
Aminoacizi, 137
Amplificare biologică, **387**
Ancoră plutitoare, **101**
Anemone, 189
Animale
  distribuție, **223**
  oceanice, 223
  marine, 186—202
Anioni, 32, g
Anomalii magnetice, 363, g
Annelida, 191
Anthozoa, 189
Anul Geofizic Internațional, 52
Apa
  densitate, 127
  diferență de fază, 125
  efectul adăugării sării, 127
  înghețare, 127
  mase de, 243
  structură moleculară, **125**
  proprietăți fizice, 123—130
  putere de dizolvare, 126
Apă adîncă nord-atlantică, **254**
Apă antarctică de fund, **253, 254**
Apă antarctică intermediară, **254,**
Apă marină
  diluare de către rîuri, 132
  elemente majore, minore și rare, 131—133
  pH, 158
  proprietăți biologice importante, 158—159
  transparență, 159
Apă marină standard, 119
Apă potabilă obținută din mare, 375
Apă cu turbiditate ridicată, **262**
Aparate atașate (suspendate) de navă, 70, **71**
Aparate de fotografiat sub apă, 87—**89**
Aparatură oceanografică, 57—114
Ape teritoriale, 396
Apolo VII, 266
Arachnoidea, 191, 192
Argon-40, 28
Arici de mare, 196
Arthropoda, 191—193
Asherah, **63**
Asteroidea, 198
Atlantis, 51, **52**
Atlantis II, **19**
Atmosferă primordială, 30
Atoli, 182, 203—**205,** 207, g

* Numerele aldine indică pagini unde apar ilustrații; „g" arată că termenul este definit în glosarul de termeni oceanografici.

BCU IAȘI CENTRALĂ UNIVERSITARĂ LIBRARY

Avantajele vieţii în mare, 157
Aves, 200, 201
Avioanele ca aparatură oceanografică, 77
Azore, 323
Azotaţi, variaţii sezoniere, **213**.

Bacterii, 174, 186
Bacterii anaerobe, 141
Bacterii autotrofe, 186, g
Bacterii heterotrofe, 186, g
Bailey, J. W., 285
Balanus, 192
Balene, 201, 202
Baliză, 74 75
Baliză telemetrică, **235**, 236
Bankia, 196
Bară maritimă, **290**
Bathybius, 156
Batitermograf, 98—100, g
nerecuperabil, 77
Bazalt, 354, g
Bazin oceanic, 321—342
origine, 359—370
„Beagle", 47, 157, 207
„Ben Franklin", 63, 70
Bentic, 162, g
Bentos, 173, 174, g
Bermă, 290, g
Bicarbonaţi, 137
Bigelow, Henry Bryant, 15
Bikini, 207
Bioluminiscenţă, 226, g
Biomasă, 169, g
Bioxid de carbon, 134
Biotopi, 172, g
Biroul de pescuit comercial, 20
Blake, **49**
Boră, 274, g
Bordură continentală, 311
Boyle, R., 117
Brachiopode, 191
Briozoa, 191
Broaşte ţestoase, 201
Brom, extracţie din mare, 375
Bryophita, 179
Butelia Nansen, **93**, 94, 98, 238, 239, **241**
Calcaroasă, 203
Calm ecuatorial, 247
Calmari, 196
Canalul sofar, 280
Canal sonor, 280, g
Canioane submarine, 294, 295, 316
caracteristici, 316—317
origine, 317
Canionul Block, 306
Canionul Corsair, **319**
Canionul Hudson, 306, 316
Canionul La Jolla, 316, **317**
Canionul Lydonia, **318**, **319**, **320**
Canionul Monterey, 316
Canionul Scripps, 316, **317**
Cantitatea de apă existentă în lume, 123, 124
Capacitate calorică, 159, g
Capul (Cape) Cod, 302, **303**
Capul (Cape) Hatteras, **303**, 307, 312
Carbohidraţi, 137
Carbon-14, 27, 102, 151, 152, 345, g
corecţii în vederea utilizării, 151, 152
utilizare, 152
Carbon organic, 137
Carbon, eficienţa transformării, 380
Carbonaţi, 137
Carnegie, **234**
Carnivore, 201
Carotier cu cădere liberă, 108, **109**
Carotier cu piston, 105, **106**, **107**, **108**
Carotier gravitaţional, **105**, **106**
Castraveţi de mare, 196, 197
Cationi, 32, g
Căldura în zonele polare şi ecuatoriale, 242
Căldură specifică, 128, g
Căpitanul Cook, 46
Celule ale curenţilor de convecţie, **360**
Centre de calm, 249
Centrul naţional de cercetare oceanică şi atmosferică, 398
Cenuşă vulcanică, 352
Cephalocordata, 200
Cephalopoda, 193, 196
Cercul de foc, 265, 327

BCU / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Cetacea, 201
Chaetognata, 191
Chain, **58, 59**
Challenger, 47, **49**
Challenger knoll, 395
Chimia izotopilor, 145—152
Chlorophyceae, 181
Chordata, 199
Cicari, 200
Ciclonul Gladys, **266**
Ciclu biochimic, 141
Ciclu organic, 208
Ciclu trofic, 229, 230
  diferenţe între uscat şi ocean, 229—230
Ciclul trofic în ocean, **230**
Circuitul apei, 123, **244**, 245
Circulaţie activată de densitate, 245
Circulaţie activată de vînt, 245—251
  cauze, 250
Circulaţie atmosferică, 245—249
  neglijînd rotaţia Pămîntului, 246
Circulaţie de adîncime, 251
Circulaţie oceanică, 244, 245
Circulaţie termohalină, 245, 251, 252, 254
Circumferinţa Pămîntului, 43
Cirripedia, 192
Ciuperci, 179
Cîmpii abisale, 276, 324, 333
  în Oceanul Atlantic, 324
  în Oceanul Indian, 337
  în Oceanul Pacific, 334
  origine din curenţi de turbiditate, 324
Cîmpul magnetic terestru, ca o metodă de datare, 150, 151
Clasificarea liniilor de ţărm şi a coastelor, 287
Clasificarea regnului animal, 186
Clorinitate, definiţie, 119
Clorofilă, 187, 208, g
Coaste primare, 289
Coaste secundare, 289
Coborîrea nivelului mării, 37, 38
Coccolithophoridae, 186
  fotografie la microscopul electronic, **346**
  mîluri cu apă, 343
Coelenterata, 188
Compoziţia apei de mare, 130—138
Compoziţia chimică a mării, factori care o controlează, 138
Compuşi obţinuţi din ocean, 375
Comunitate biologică, 171—173
Concentrarea elementelor de către organisme marine, 376
Concentrat de proteină de peşte, 380, g
Conducţie calorică, 240
Conducţie calorică din sau spre atmosferă, 240
Consiliul naţional al resurselor marine şi dezvoltării tehnologice, 398, 399
Consumarea carbonului, 222
Consumarea fitoplanctonului, 221, **222**
Contracurent ecuatorial, 250
Contracurenţi, 249
Convecţie, 214, 245
Convenţia O.N.U. privind platforma continentală, 301, 397, 398
Convergenţă, 260, 290
Copepoda, 192
Corabia portugheză, 189
Corali
  condiţii de dezvoltare, 203, 204
  forme existente în diferite zone ale unui recif, **206**
Coroziune, 396
Cousteau, Jacques, Yves, 53
Creasta Alpha, 339
Creasta Lomonosov, 339
Creasta (Dorsala) Medio-Atlantică, **253**, 254, 335, 358
  caractere generale, 279—324, **323**
  roci, 324
Creasta (Dorsala) medio-oceanică, **322**
  Oceanul Indian, 337
  Oceanul Pacific, 327
Creasta (Dorsala) Oceanului Indian, **323**
Creasta Pioneer, **331**

BCU IAŞI CENTRALA UNIVERSITARĂ LIBRARY

Cristale de gheață, 127
Crusta terestră, subdiviziune, 355, 356
Crustacea, 192, 193
Ctenophora, 188
Cultivarea algelor, 385
Cultivarea stridiilor, 381
Curbă hipsometrică (hipsografică), **23**
Curent circumpolar antarctic, 250
Curent de retur, **261,** 263, 294, g
Curent geostrofic, **250,** 251, g
Curent longitudinal, **261,** 263, 294, 295
Curentometre, **68—69,** 102, **103**
Curentul Cromwell, 251
Curenți de convecție, 330, 360, 362, g
Curenți de maree, 274, g
Curenți de suprafață, **248**
Curenți de turbiditate, 275—277, 294, 320, 334, 354
  argumente pentru, 275—276
  discuții privind, 277
  putere erozivă, 354
Curenți litorali longitudinali, 261
Curenți oceanici de la limita vestică, 249
Cutremure, 265, 368, g
Cyclostomata, 200

Darwin, C., 47, 157, 207, 285
Date asupra productivității organice, 219
DDT, 386—388
  efecte în mediul marin, 387, 388
Dealuri abisale, 335, g
  caractere generale, 335
  origine, 336
  regiune de, 336
Decada Oceanografică Internațională, 21
Decapoda, 193
Decibar, 243, g
„Deep Quest", 63
„Deep Star 4000", 63
Delfini, 201
Deltă, **309**
Densitate, g
  a apei dulci, 127, **128**
  a apei de mare, 243, 244
  distribuție verticală, 243, 244
  stratificare, 243
Deplasarea apei, efecte biologice, 161
Deplasarea descendentă a apei de suprafață, **252**
Deplasarea Doppler, 29
Depozite anorganice, 348, 349
  origine, 348
  rată de sedimentare, 349
Depozite biogene, 343—348
Depozite carbonatate, 182
Depozite de alunecare, 353
Depozite detritice, 391
Depozite glaciare, 301, 302, **305**
Depozite minerale potențiale, 393, **394**
Depozite organogene, 392, 393
Depozite vulcanice, 352
Derivă continentală, 360—370
  argumente pro și contra, 361, 362
  istoricul ipotezelor, 360—362
  reconstrucția dispunerii continentelor, 362
Deriva navei, 100
Desalinizare, 375
  preț de cost, 375
  uzine și procedee, 375, 376
Detergenți, utilizați pentru eliminarea peliculelor de petrol, 383
Determinarea vîrstei, 30
Detritus organic, 138
Deuteriu, 146
Diatomee, 184, 343, **344**
  dezvoltare, 184
Dinoflagelate, **185,** 188
Disc adeziv, 182, **184**
Discontinuitatea Mohorovičić, 329—330, 359, g
  adîncime, **358,** 359
  origine, 359
„Discoverer", 46
„Discovery", 239
Dispozitive de carotaj, 104, **105, 106, 107, 108, 109,** 110
Distichlis, 298
Distribuția hranei, 225
Distribuția uscatului și a mărilor (primele teorii), 44, 45
Dittmar, 118

BCUAS / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Divergenţă, 214, **259**, 260, 290, g
Divergenţă ecuatorială, 214
Diviziunile mediului marin, 162—171
Domeniul bentonic, 163, 164
Domeniul oscilaţiei mareice, 269, **270**, 271
Dorsala Est-Pacifică, 323, 330, 339
  comparaţie cu Dorsala Medio-Atlantică, 330
Dragă, 110
Dragă biologică, **96**
Dreptul mării, 396
Drepturi de proprietate asupra substanţelor minerale din zona şelfului, 397, 398

Echinodermata, 195
Echinoidea, 198
Ecologie, 172
Ecograf de precizie, **82**
Efect osmotic, **159**
Efectele digurilor, **293**
Efectele luminii, 226
Ehrenberg, C. G., 156
Elasmobranchii, 200, 201
Elemente conservative, 130, g
Embolie gazoasă, 390
Energie de maree, 388, 389
Energie existentă în cadrul oceanului, 388
Energie incidentă, 177, **178**
Eniwetok, 207, 333
Epoca pleistocenă, 35
  glaciaţie, 35, 40
  sedimente, 355
  variaţia nivelului mării, 302
  variaţii de temperatură, 345, 348
Eratosthenes, 43, **44**, 45
Eroziune litorală, **291**, **292**, **293**
Estuar, 296, 297, 388, g
Erupţii vulcanice, 352
Euphausiacea, 193
Evacuarea apelor fecaloid-menajere, 385
Ewing, M., 286
Exagerarea verticală în sondajul acustic, 83
Expansiunea fundului oceanic, 330, 360, 362—370
  dovezi furnizate de forajele marine adînci, 369
  mod de desfăşurare, 362—364
  model diagramatic, **363**
  observaţii magnetice, 363—365
  viteză de expansiune, 365, **366**
Expediţia Challenger, 47, 48, 118, 157, 234
Expediţia Meteor, 234

Faleze, 290
Falia San Andreas, 331
Farmacologie marină, 376
Fathomi, 22, g
Fazele Lunii, **273**
Feldspaţi, 354
Ferigi, 179
Ferrel, William, 47
Fierberea apei sărate, 127
Fileu planctonic, **94—95**
Fiorduri, 297
Fitoplancton, 177, 380, g
  distribuţie, 177
  variaţii sezoniere, 213
Flageli, 185
Flexură continentală, 301, 310, g
„Flip", **72**, **73**
Florida de sud, 304
Florida Keys, 204
Flotor Swallow, 101, 102
Fluviul Mississippi, 304
Flux caloric, 111
Foraminifera, 187, 345, 346, 348
  direcţie de rulare, 345
  indicator al variaţiilor de temperatură, **348**
Forbes, E., 156
Forţa centrifugă, 271
Forţa Coriolis, **246**, 247, 249, g
Forţa valurilor, 389
Fosa America Centrală, 328
Fosa Diamantina, 339
Fosa Djawa (Java), 328
Fosa Marianelor, 327, 328
Fosa Peru-Chile, 328
Fosa Puerto-Rico, 324, 328
Fosa Romanche, 324, 328, 339

BCU IAŞI

Fosa Sandwich, 324
Fosa Tonga, 328, **329**
Fosa Vema, 339
Fose, **276**
caractere generale, 328
gravimetrie, 330
implicaţii geologice, 330
în Oceanul Atlantic, 324
în Oceanul Pacific, 327, 328
structura de adîncime, 328—330
Fosfor
distribuţie verticală, **142**
variaţie sezonieră, **144**
Fosforit, **122**, 351, 393, 394
Fotografii ale fundului marin, **88, 89, 166, 168, 174, 197, 198, 202**
din „Alvin", **64, 70, 194,195, 200, 319**
de pe carotierul cu piston, **108**
Fotografie la microscopul electronic, **346**
Fotosinteză, 208, g
distribuţie, **210**
elemente rare, 212
factori importanţi, 208—212
factori limitativi, 210
intensitate faţă de adîncime, **210**
în relaţie cu lumina disponibilă, **210**
reacţii, 136
variaţii sezoniere, 210, **211**
Fouling, 192
Fracţionare biologică a izotopilor, 148
Fram, 49, 72
Fricţiune mareică, 273
Fucus, **181**

Gastropoda, 193
Gaze dizolvate, 134—137
Gaze rare, 31, g
Gaze, reactive şi nereactive, 134
„Gazelle", 49
Geologie istorică, 33—40
Geologie marină, 283—370
istoric, 285, 286
obiective actuale, 285
Geofizică marină, aparatură, 110—114
Georges Bank, 307
Geosinclinale, 354, g
Glaciaţie cuaternară, 35
Glaciaţie, efecte asupra oceanului, 37
Glaciaţia Wisconsin, 37
„Glomar Challenger", **374**, 395
Golful Aden, 339
Golful Californiei, 331
Golful Chesapeake, 297
Golful Lituya, Alaska, **266—267**
Golful Maine, 302, **304, 305**
Golful Mexico, 305
Gradul de saturare al compuşilor, 140
Graifer, 104, **105**
Grand Banks, cutremure, 275
Gravimetru, 110, g
Guano, 201
Gulf Stream, 249, 304, 350
Guyots, 332, g

Hadal, **163**, 164
Halimeda, 182
Halobates, 191
Haloclină, 238, 243
Hamsi, 380
Hartă batimetrică, **85, 306, 311**
Hemichordata, 199
Hensen. V., 157
Himeră, **200**
Hipocentru, 328, g
Holoplancton, 178, g
Holothuroidea, 196
Hulă, 257, **258**, g

Iarbă de mare, 180
Ierbivore, 173, g
Industria pescuitului, 378—379
Institutul Oceanografic din Woods Hole, **19**, 20, 286, 397
Institutul Oceanografic Scripps, **18**, 19, 286, 317
Insula de gheaţă Flechter, 75
Interacţiunea dintre atmosferă şi ocean, 244
Inversiuni magnetice, **364, 365, 366**
Inversiunile cîmpului magnetic terestru, **150**
Ioniu, 149

BCU / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Ipoteza ciclică (originea Universului), 29
Ipoteza condensării (originea Pământului), 30
Ipoteza exploziei inițiale (originea Universului), 29
Ipoteza fragmentării (originea Pământului), 30
Isaacs, D. J., 57
Iselin, C. O. D., 57
Isopoda, 193
Istorie climatică, 147
Izotopi, 27, g
pentru determinarea evoluției climatice, 147
fracționare, 148
utilizări, 147
Izotopi radioactivi, 148—152
origine, 149
utilizări, 149
Izotopi stabili, 146—148
deuteriu, 146
oxigen, 146, 147

Încrengătură, 186

Joides, 53, 72, 287, g

Kilometru, 21, g
Kullemberg, B., 105
Kwajalein, 204

Lacul Erie, 383
Lagună, 203, 204, **205**, 296, 297
Legătură covalentă, 124, g
Lichefiere spontană, 275, g
Linie de țărm, 287, **288**, 289, g
Linie de țărm în viitor, **39**
Lithothamnium, 183
Litoral, 162—163
Loran, 79, 80
„Lulu", **19**
Lumina în apa mării, 280, 281
Lumină, efecte, 226
Luna, origine, 30

Magellan, 45
Magnetometru, 111, g
Magneziu, recuperat din apa mării, 375
Mammalia, 200, 201
Manta, **356**
Marea Barieră de Corali, 204
Marea Neagră, 136, 141
Marea Roșie, 340, **341**, 342
depozite minerale, 397
evoluție recentă, 147, 148
geneză, 341, 342
Marea Sargasselor, 183
Mare de vînt, 257, **258**, g
Maree, 269—274
cauze, 271
efecte geologice, 274
Maree de cvadratură, 273, g
Maree de sizigii, 273, g
Maree diurnă, **271**, g
Maree semidiurnă, **271**
Mareea roșie, 185
Margine continentală, 287—320
Marile alge brune, 182
Marsuini, 201
Mastingophora, 187
Material granular, 138
Materie anorganică dizolvată, 138
Materie organică, 137, 141
distribuție, 138
eficiența conversiunii, 230
Material tipic provenit de pe uscat, **344**
„Maud", 72
Maury, Matthew Fontaine, 46, 47, 285
Mări marginale, 340
Măsurători ale gravitației, 110
Măsurători sinoptice, 235, g
Mediu neritic, 162, g
Mediu neritic pelagic, 169
Mediu pelagic, 169—171
Mediu supralitoral, 163, 164
Mediul marin
domenii de adîncime, 162
caracteristici generale, **170**
Meroplancton, 178, g
Mesager, 238
„Meteor", 51, 286
Micron, 21
Midii, 196

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Milimetru, 21
Minerale de pe fundul mării, 391
Minerale grele, 296
  concentrații de, 391
Minerale magnetice, 363
„Mizar", 67
Mîl cu pteropode, 343
Mîl silicios, 344
Mîluri, 343
Mîluri calcaroase, 344
  efectul solubilizării, 343, 344
Mîluri cu diatomee, 185, 343
Mîluri cu foraminifere, 343
Mîluri negre, 353
Mîluri roșii, 353
Mîluri terigene, 353
  rată de sedimentare, 352
Mlaștini, 297—299
  factori care influențează dezvoltarea lor, 298
  plante, din 298
Model batimetric, **85**
Model topografic al coastelor Statelor Unite, **303**
  zone mai restrînse, **304, 307**
Mohole, 53, 72
Moleculă-dipol, 125
Mollusca, 193
Müller, J., 157
Muntele submarin Great Meteor, **325,** 327
Munții Appalachee, 354
Munți submarini, 325, g
  geneză, 327, 332
  provincii, 332
Musoni, 45, 250, g
Mușchi, 179
Murray, J., 157
Mysidaceae, 193
Myxophyceae, 181

Nansen, Fridtjof, 49
„Nautillus", 51
Nave de cercetare, 57—62
  aparatură electronică, **60**
  caracteristici importante, 62
Nave de cercetare pentru imersiune adîncă, 63—72
Nave de foraj, 72
Navigație, 79, **80**
Navigație astronomică, 80
Navigație cu radar, 79, **80**
Navigație estimată, 79, **80,** g
Necton, 175, 176, g
  caractere, 175, 176
Nemathelmithes, 190
Nematociste, 188
Nereocystis, 182
Nisip, 294, 295, 391
  granulație, 295
Nisip de plajă, 294—296
Nișe ecologice, 172
Nivele trofice ale organismelor, **229**
Nod, **268,** 269
Nod, 22, g
Noduli de mangan, 349, **350,** 351, 392
  cantitate pe fundul oceanului, 351
  compoziție, 351
  distribuție, 349, 350
  potențial economic, 392, 393
  secțiune transversală, **120**
Northeast Channel, 316
Notocord, 199
Nova Scotia, 307
Nuclid derivat, 27
Nuclid generator, 27
Nutrienți, 210, 211, g
  distribuție, 210, 211
  distribuție verticală, 142, 143

Observatorul Geologic Lamont-Doherty, 20
Observații din satelit, **78,** 80
Ocean
  ca mediu biologic, 157—160
  capacitate de înmagazinare a căldurii, 244—245
  caractere fizice generale, 237—244
  condiții meteorologice, 389, 390
  originea apei, 31
Oceanografi ai perioadei de început, 45

BCUA / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Oceanografie,
definiţie, 15
dezvoltare şi probleme de viitor, 399—400
educaţie, 19
interdependenţă, 16
începuturi, 43
subdivizare, 16
termeni şi date statistice, 21
utilizarea forţei de muncă, 20
valoare pentru umanitate, 17—19
Oceanografie biologică, 153—230
aparatură, 96, 97
domenii importante de cercetare, 155
istoric, 156, 157
Oceanografie chimică, 115—152
aparatură, 91—96
istoric, 117—121
obiective, 117
obiective actuale, 121, 123
Oceanografie fizică, 231—281
aparatură, 97—105
istoric, 233, 234
obiective actuale, 234—237
Oceanografie geologică, 283—370
aparatură, 105—114
istoric, 285
obiective actuale, 285
Oceanul Arctic, 254, 339, 340
Oceanul Atlantic, caractere generale, 321—327
Oceanul Atlantic de nord, **240**
Oceanul Indian, 45, 337—339
caractere generale, 337—339
Oceanul Pacific, caractere generale, 327—337
Oficiul Naval Oceanografic, 20
Ophiuroidea, 198
Originea stratului difuzant de adîncime, 228
Originea vieţii, 32, 33
Osmoză, **159**, 160, g
Oxidare, 136, g
Oxigen
concentraţie, **135**, 136
conţinut determinat în probe de apă, 217
distribuţie de suprafaţă, **135**
distribuţie verticală, **142**
izotopi, 146
variaţii în sedimente, **148**
variaţii de temperatură, 345
zonă de minim, 136, 148, g

Pana de mare, **190**
Panta continentală, 310—314, g
date statistice medii, 310
origine, 313
sedimente, 312
structură, 312
Panta plajei, 295, 296
Particule argiloase transportate de vînt, 343
Particule coloidale, 351, g
Pămînt
origine, 29, 30
rotaţie axială, 369, 370
vîrstă, 28
Păşunatul fitoplanctonului, 221, 222, g
Pătrunderea luminii (gradul de penetraţie) **177**, 280, 281
Pecteni, 198
Pelagic, 169, g
Pelecypoda, 193, 196
Pennatula, **190**
Pescuit, **378**
metode de îmbunătăţire, 380
utilizări, 379
Pescuit intens, 379
Pescuitul în lume, **378**
Pescuitul în Statele Unite, **378**
Perioade glaciare, 37
Pesticide, 386, **387**, 388
Petrol,
concesiuni, 392
necesităţi viitoare, 392, 393
pelicule, 384, 385
pierdere, 384
pH, 137, g
Phaeophyceae, 181
Phillipsit, 349
Physalia, 188
Piatră ponce, 352
Picnoclină, 243
Piemont oceanic, 314—316
caractere generale, 314, **315**
subdiviziune, **315**

BCU IAŞI - CENTRUL UNIVERSITAR LIBRARY

Pietriş de plajă, **292**
Pinger, 84, 85, g
Pinger telemetric, 87
Pinnipedia, 201
Piroxeni, 354
Pisces (peşti), 200, 201, **202**
Pisici de mare, 200
Plajă, 289—296
  variaţii sezoniere, 290—292
Plancton, 177—179, g
    caracteristici, 177
  ca sursă de proteină, 377, 380
  înfloriri, 185, 213
  utilizări contra poluării, 385
Plante
  densitate, 212
  diferenţe între formele terestre şi oceanice, 179
  factori care afectează dezvoltarea, 214, 215
  în mediul oceanic, 208
  marine, 179—186
  metabolism, 212
  mod de plutire, 208, 209
  productivitate moderată, **220**
  zonare în mlaştini sărate, 298
Plante cu seminţe şi flori, 179
Platforma continentală, 301—310
  distribuţie şi grad de cunoaştere, **300**
  ipoteza formării prin acţiunea valurilor, **308**
  procese de formare, **309**
  origine, **308, 309**
  sedimente, **313**
  structură, 307—309
Platforma continentală Long Island, **306**
Platforma continentală Nova Scotia, 307
Platforme continentale modelate de gheţari, 301, 302
Platforme continentale nemodelate de gheţari, 301, 302
Platforme plutitoare şi fixe, 72—77
Platoul Blake, 304, 310, **311**, 350
Platyhelminthes, 190
Plumb, 237
Point Loma, California, **291**
„Pola“ 49
Polimorfism, 188, g
Poluare, 382—388
  efecte, 237, 382
  efecte în estuare, 388
  în largul oceanului, 384, 385
  previziuni, 382
  reglementări statale, 384
  tipuri, 383
Poluare termală, 385
Polysiphonia, **181**
Populaţia oceanului, 173—179
Porifera, 188
Potasiu-40, 27, 28
Potenţialul biologic al oceanului, 377—382
Pourtales, L. F., 285
Praf meteoric, 343
Presiune, 160, g
Presiune de vapori, 128
Presiune osmotică, 129
Principiul Forchhammer, 118, 130
Priză, 257
Probleme de probare, 223
Procese fizice, 145
Producţie de carbon, valori medii, 380
Producţie organică, 215—222
  factori importanţi, 215
  metode de măsurare, 216—218
  variaţii, 218, 219
Produse de descompunere, 175
Profile magnetice, **365**
Program de marcare a peştilor, **97**, 99
Proiectul de Foraje Marine Adînci (D.S.D.P.), 53, 72, 287, 369, g
Proprietăţi ale apei mării cu importanţă biologică, 158
Proprietăţi coligative, 129, g
Proprietăţile apei, 123—130
Protactiniu, 149
Proteine, 137
    necesităţi zilnice ale omului, 377
Protoplanete, 30, g
Protozoa, 187
Pteropode, 196
Pteridophyta, 179

BCU CLUJ CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Punctul de îngheţ al apei sărate, 128, g
relaţii cu salinitatea, 130

Radiaţie solară, 242
Radiolaria, 187, **346**
mîl cu, **347**
Radiu-226, 152
Reacţie endotermă, 208
Reactivitatea elementelor, 139
Reacţii biochimice, 141—145
Reacţii chimice şi influenţa lor asupra constituţiei oceanului, 139—140
Rechin, **199**
Recif barieră, **203**
Recifi, 203—207
tipuri de, **203**, 204
Recif marginal, **203**, 204
Recifi de corali, 174, **203**—207, **348**
ipoteza lui Darwin, **207**
origine, **207**
Reciful Hogsty, **205**
Refracţie, **259**
a sunetului, 279
Regiune de coastă, 287—296
Relaţia densitate-salinitate, **129**
Relaţii predator-pradă, 229
Relict, 312
Reptilia, 200, 201
Respiraţie, **209**, g
reacţie, **136**
Resurse biologice, 377—382
Resurse chimice, 374—377
Resurse fizice, 388—390
Resurse geologice, 391—395
Resursele oceanului, 372—400
Restricţii de pescuit, 379
Rhodophyceae, 181
Rizom, **180**
Roci granitice, 354, g
Roci oceanice, 324
Roci pe fundul mării, 354
Roci vulcanice, 354, g
Ross, C., 233

Sagitta, 192
Salicornia, 298
Salinitate, 160, 237, 238, g
definiţie, 237
profil vertical, **239**
distribuţie verticală, 238, **239**
factori care o controlează, 238
secţiune, **240**
Sarcodina, 187
Sargassum, 182, 183
Scaphopoda, 193
Scara cronologică geomagnetică, **364**
Scara geocronologică, **35**, 36
Scyphozoa, 189
Sealab, 53, 390
Secţiunea unei nave de cercetări, **59**
Sedimente
compactizare şi consolidare, 357, 358
distribuţie pe fundul oceanic, **347**
grosime în zona crestelor, 367
viteza sunetului în, 357
Sedimente alunecate, **315**
Sedimente autigene, 313, 349, 391, 392, g
Sedimente biogene, 313, 343
rată de sedimentare, 345
valoare ştiinţifică, 345
Sedimente fluviatile, 313
Sedimente furnizate oceanului de rîuri, 334
Sedimentele fundului oceanic, **347**
Sedimente marine de adîncime, 342—354
clasificare, 343
Sedimente pelagice, 343—352, **347**, g
Sedimente terigene, 343, 352—354, g
Seismică prin reflexie, 111, **112**, **113**, 114, 355
Seismică prin refracţie, 111, **112**, 114, 355
Seiş, **268**, 269
Serviciul Geologic al Statelor Unite, 20
Sextant, **80**
Siliciu-32, 152
Sistem oceanic, 164
Sisteme de calculatoare la bordul navei, **60**, 62
Sistemul de mare adîncă, 164

BCU IAŞI BRAILA UNIVERSITY LIBRARY

Sistemul potasiu-argon, 149
Solubilitatea unui gaz, 134
Soluţie tampon, 158
Sonar lateral, **90**, 91
Sondaj acustic subacvatic, 277—280
Sondaje, 45, 46, g
Sondajul acustic, 82
  înregistrare **83**, **86**, 335
  metode, 81—84
  probleme, 82—84
Spartina, 298
Specii indicatoare, 178
Spermatophyta, 179
Spiculi de spongieri, **346**
Spongieri, 188
Spori de ciupercă, **344**
Spori de rezistenţă, 184
Stadii, 43
Standing crop, 215, g
Staţie hidrografică, 98, **241**
Stele de mare, 198
Sticle în derivă, 101
Strabon, 45
Strat oceanic, **356**, 358
Stratele crustei terestre, 355, **356**, 357
Stratul al doilea, 337, **356**, 357
Stridii, 196
Structură crustală, 355—359, **356**
Submersibile, 63—70, 396
  avantaje, 63
  caracteristici, 63
  dezavantaje, 65
Sunet
  absorbţie, 280
  canale de, **279**, 280
  împrăştiere, 280
  variaţii pe verticală, 278
  viteză, 84, 278, 279

Şanţ litoral, **290**

Televiziunea subacvatică, 89, 90
Tehnică oceanografică, 55—114
Temperatură, 160, 238—243
  a oceanului, 161
  distribuţie verticală, 242
  factori care o afectează, 242
  metode de măsurare, 238—240
  profil vertical, 239
  secţiune, **240**
Terasă de maree joasă, **290**
Teredo, 196
Termoclină, 100, 170, 213, 242, g
Termometre reversibile, 238, 239
Termometru neprotejat, 239
Termometru protejat, 238
Texas A şi M, 20
Tallophyta, 179
Thompson, J. V., 157
Thompson, Sir C. Wyville, 47
Timp de înjumătăţire al izotopilor, 27, 151, g
Timp de rezistenţă, **139**, 140
Ton, traseul migraţiei, 224, **225**
„Torrey Canyon", 384
Trachomedusa, 176
Trichinella, 191
Trichodesmium, 181
„Trieste", 51, 67, 327
Tristan da Cunha, 323
Trochelminthes, 190
Trombă marină, **236**
Tsunami din Alaska, **268**
Tsunamis, 237, 264, 265, g
Tunicata, 200
Turbă, **299**, g
Turbidite, 275, **276**, 277, 333, 353, g
  caracteristici, 353
  rată de sedimentare, 354
Turbulenţă, 214, g
Turnul Oceanografic al Centrului Naval Submarin al Marinei Statelor Unite, 74

Ulva, **181**, 182
Universitatea de Stat din Florida, **168**
Universitatea de Stat Oregon, 20
Universitatea Miami, 20
Universitatea Rhode Island, 20
Universitatea Washington, 20
Upwelling, 141, 143, 214, **252**, 344, g
Uzină maree-motrică, 389

Valea mediană de rift a Mării Roşii, 342
Valoarea depozitelor recuperate din mare, 393

BCU CENTRU... LIBRARY

Valuri
caracteristici, **256**
distrugeri provocate de, **267**
în apă puţin adîncă, 259
înălţime, 255, 256
lungime de undă, 255, g
perioadă, 255, **256**
propagare, 255, 256
refracţie, **259**, 260, g
Valuri brizante, **258**, 259, g
Valuri catastrofice, 264, 265, g
Valuri de furtună, 264, g
Valuri generate de vînt, 254—263
factori care le influenţează, 255, 256
mod de formare, 255
tipuri, 257
Valuri interne, **262**, 263
Valuri în ape adînci, 255
Valuri produse de alunecări, 264
Valuri staţionare, **268**, 269, g
Variaţii sezoniere ale plajei, **292**
Vechi hărţi ale oceanului, **44**, **48**, **50**
Vening Meinesz, F.A., 110
Vertebrate, 200
Viaţă bentonică, 173
Viaţă subacvatică, pericole, 390
Viermi, 190, 191, **198**
Viermi-ghindă, 200
Viitorul oceanografiei, 398—400
Vitamine, 138
Viteza particulelor de apă, 255
„Vitiaz", 49

Zi lunară, 271
Zona afotică, 163, g
Zona eufotică, 163, 170, g
Zona de fractură Clarion, **331**
Zona de fractură Clipperton, **331**
Zona de fractură Mendocino, **331**
Zona de fractură Murray, **331**
Zona litorală, **261**
avantaje biologice, 224
Zona de mare adîncă
animale în, 165, **166**, 167, 226
condiţii biologice, 165
hrana în, 165
originea faunei din, 226
producţia de materie organică în, 165
reproducerea în, 165
Zona pelagică abisală, 171
Zona sublitorală, 164
Zone de fractură, 324, **331**, g
anomalii magnetice, 331, 332
deplasări la scară mare, 331
în Oceanul Indian, 339
Zone de nedepunere, 355
Zone de umbră, **279**, 280
Zooplancton, 178, g
Zostera, **180**, 298

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

CUPRINS

Cuvînt înainte 7
Prefață *11*

1 *Introducere 13*

2 *Originea pămîntului, oceanului și a vieții 25*

3 *Istoria oceanografiei 41*

4 *Aparatură și tehnică 55*

5 *Oceanografia chimică 115*

6 *Oceanografia biologică 153*

7 *Oceanografia fizică 231*

8 *Geologie și geofizică marină 283*

9 *Resursele oceanului 371*

Bibliografie *403*
Glosar de termeni oceanografici *415*
Indice *425*

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

COLI DE TIPAR: 27,50; PAG. PLANȘE: 8
TIRAJUL: 2000 EX. BUN DE TIPAR: 15 II 1976

TIPARUL EXECUTAT SUB COMANDA NR. 1499
ÎNTREPRINDEREA POLIGRAFICĂ „13 DECEMBRIE 1918"
STR. GRIGORE ALEXANDRESCU NR. 89—97
BUCUREȘTI
REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

BCU CLUJ CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BOUND BY
SCRIPPS COLLEGE
CLAREMONT, CALIFORNIA
LIBRARY